

AT



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENTAMT
(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 197 13 104 A 1

(51) Int. Cl. 6:
G 01 M 15/00
 G 01 P 3/00
 F 02 D 45/00
 // G01P 3/481

(21) Aktenzeichen: 197 13 104.2
 (22) Anmeldetag: 27. 3. 97
 (43) Offenlegungstag: 30. 10. 97

DE 197 13 104 A 1

(30) Unionspriorität:
 078000/96 29.03.96 JP

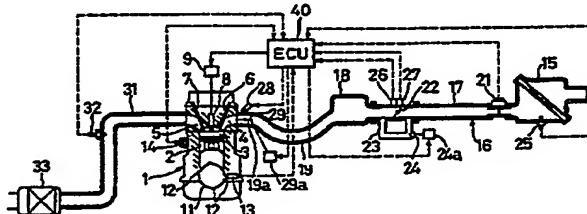
(71) Anmelder:
 Mazda Motor Corp., Hiroshima, JP

(74) Vertreter:
 Müller-Boré & Partner, 81671 München

(22) Erfinder:
 Nishimura, Hiroyuki, Hiroshima, JP; Watanabe,
 Tomomi, Hiroshima, JP; Taga, Junichi,
 Higashi-Hiroshima, JP; Imada, Michihiro, Hiroshima,
 JP

(54) Motorsteuerverfahren

(57) Ein Motorverbrennungszustand-Beurteilungsverfahren wird offenbart zum Erfassen einer Kurbelwinkelgeschwindigkeit eines Mehrzylindermotors, zum Beurteilen eines Verbrennungszustandes von jedem der Zylinder des Motors auf der Basis der Erfassung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit, wobei die Verbesserung aufweist die Schritte der Einstellung eines vorbestimmten Kurbelwinkelbereichs, der selektiv bestimmt ist innerhalb eines Bereichs zwischen einem Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in einem gegebenen Zylinder im wesentlichen endet, und einem weiteren Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in dem nächsten Zylinder im wesentlichen beginnt, um eine Kurbelwinkel-Geschwindigkeiteigenschaft zu erfassen, und zum Beurteilen des Verbrennungszustands auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeiteigenschaft innerhalb des vorbestimmten Kurbelwinkelbereichs. Der Verbrennungszustand kann verlässlich erhalten werden, so daß eine geeignete A/F-Steuering unabhängig von dem Motorbetriebszustand erreicht werden kann.



DE 197 13 104 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Motorsteuerverfahren, insbesondere ein Verfahren zum Beurteilen eines Motorverbrennungszustandes der Zylinder auf der Basis einer Kurbelwinkelgeschwindigkeit, erfaßt in einem Magerverbrennungszustand und dergleichen, und ein Verfahren zum Steuern bzw. Regeln des Motors sowie ein Steuersystem auf der Basis der Beurteilung des Verbrennungszustands.

Ein Verfahren und ein System zum Erfassen einer Kurbelwinkelgeschwindigkeit einer Motorkurbelwelle, zum Beurteilen des Verbrennungszustandes von jedem der Zylinder auf der Basis von deren Veränderungen und zum Steuern des Motors auf der Basis der Beurteilung der Verbrennungszustände sind bereits allgemein bekannt.

Beispielsweise offenbart die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. 3-15645 ein Mehrzylinder-Motorsteuersystem, das mit einer Einrichtung zum Erfassen der Kurbelwinkelgeschwindigkeit versehen ist, wenn alle Kolben der Zylinder jeweils an denselben Hubpunkten positioniert sind, zum Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsdaten basierend auf der Erfassung, zum Beurteilen der Verbrennungszustände jedes der Zylinder und zum Steuern einer Kraftstoffeinspritzmenge und eines Zündzeitpunkts und dergleichen.

Wenn in dem obigen System Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsdaten erhalten werden können mit demselben Zustand für die jeweiligen Zylinder, und die Kurbelwinkel-Geschwindigkeit erfaßt wird basierend auf der Messung eines relativ kurzen Abschnitts (etwa 20° Kurbelwinkel), kann eine Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsveränderung leicht erfaßt werden, auch in einem Leerlaufbetrieb und Niedriggeschwindigkeitsbetrieb.

Es sollte jedoch beachtet werden, daß, obwohl die jeweiligen Kurbelwinkel-Erfassungen unter denselben Bedingungen erwartet werden, der Verbrennungszustand der anderen Zylinder die Messung der Kurbelwinkel-Geschwindigkeit des betreffenden Zylinders abhängig von der Auswahl des Abschnitts des Kurbelwinkels für die Messung beeinflussen würde, so daß eine Korrelation zwischen den Verbrennungszuständen und den Kurbelwinkelgeschwindigkeiten jedes der Zylinder bestehen würde. Somit ist das in der obigen Publikation offenbart System darin nachteilig, daß die Beurteilung der Verbrennungszustände des Motors auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitserfassung nicht geeignet erfaßt werden kann. Es besteht ein Bedarf nach einem System zur sauberen Beurteilung der Verbrennungszustände der Zylinder.

Hinsichtlich eines anderen Aspektes ist ein Motor bekannt, der einen Magerverbrennungsbetrieb durchführt, bei dem der Motor betrieben wird mit einem magrigeren Einlaßgasgemisch eines Luftkraftstoffverhältnisses (auch als A/F bezeichnet) mit einem größeren Wert als einem theoretischen Wert (14.7). In einem Motor, der den Magerverbrennungsbetrieb in einem Nicht-Leerlaufbetriebsbereich (Betriebsbereich mit Ausnahme eines Leerlauf-Betriebsbereiches) durchführt, ist es wünschenswert, daß der Motorverbrennungszustand genau beurteilt wird auf der Basis der Messung der Kurbelwinkel-Geschwindigkeit hinsichtlich der Frage, ob eine Verbrennung sauber durchgeführt wird in einem solchen Magerverbrennungsbetrieb. Insbesondere ist es wünschenswert, daß der Verbrennungszustand sauber beurteilt wird auf der Basis der Kurbelwinkelerfassung auch bei einer relativ hohen Geschwindigkeit

und einem Hochlast-Zustand des Magerverbrennungs-Betriebsbereichs. In dieser Hinsicht wäre es schwierig für das obige System, wie in der japanischen Veröffentlichung 3-15645 offenbart, die Kurbelwinkel-Geschwindigkeit mit einer befriedigenden Präzision in dem Magerbetriebsbereich zu erfassen aufgrund eines kürzeren Bereichs der Kurbelwinkelmessung und somit aufgrund einer kürzeren Zeitdauer für die Messung, insbesondere in einem Zustand mittlerer und hoher Motordrehzahl.

10 Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Erfassen der Kurbelwinkelgeschwindigkeit und zum Beurteilen des Motorverbrennungszustandes auf der Basis der Erfassung der Kurbelwinkel-Geschwindigkeit auch in einem Zustand hoher Motordrehzahl anzugeben.

15 Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Motorsteuersystem anzugeben zur verlässlichen Erfassung der Veränderung der Kurbelwinkel-Geschwindigkeit.

Diese und weitere Aufgaben der vorliegenden Erfindung können gelöst werden durch ein Motorverbrennungszustand-Beurteilungsverfahren zum Erfassen einer Kurbelwinkel-Geschwindigkeit eines Mehrzylinder-Motors, um einen Verbrennungszustand jedes der Zylinder des Motors auf der Basis der Erfassung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit zu beurteilen, wobei die Verbesserung folgende Schritte aufweist:

Einstellen eines vorbestimmten Kurbelwinkelbereichs, der selektiv bestimmt ist in einem Bereich zwischen einem Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in einem gegebenen Zylinder im wesentlichen endet, und einem anderen Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in dem nächsten Zylinder im wesentlichen beginnt, um eine Kurbelwinkelgeschwindigkeitseigenschaft zu erfassen, und Beurteilen des Verbrennungszustands auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft in dem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich.

Gemäß dem obigen Verfahren ist es möglich, eine saubere Beurteilung des Verbrennungszustands auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft vorzunehmen, die erfaßt wird in dem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich, da eine Korrelation zwischen den Verbrennungszuständen in den Zylindern und der Kurbelwinkel-eigenschaft in dem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich selektiv bestimmt ist in einem Bereich zwischen dem Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung vor dem Abschluß in einem gegebenen Zylinder steht und dem anderen Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in dem nächsten Zylinder in einem Motorzyklus vor dem Start ist.

50 In diesem Verfahren ist es bevorzugt, daß der vorbestimmte Kurbelwinkelbereich zum Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft bestimmt ist in der zweiten Hälfte des Ausdehnungshubs, insbesondere bestimmt ist innerhalb 100° Kurbelwinkel (nachstehend als CA bezeichnet) bis 200° CA nach dem oberen Totpunkt der zweiten Hälfte des Ausdehnungshubs (ATDC). Und der vorbestimmte Bereich ist eingestellt auf nicht kleiner als 60° CA.

55 Die Korrelation zwischen den Verbrennungszuständen und der Kurbelwinkelschwankung ist erheblich oder ausgeprägt in dem Bereich zwischen 100° CA und 200° CA, worin das Trägheitsmoment erhöht ist. In diesem Bereich kann eine solche relativ erhebliche Korrelation dazwischen erhalten werden auch in dem Hochgeschwindigkeitsbereich des Motors. Der vorbestimmte Kurbelwinkelbereich ist auf nicht kleiner als 60° CA eingestellt, so daß eine Zeitdauer erhalten werden kann, die ausreicht, um die Erfassung der Kurbelwinkel-Ge-

schwindigkeit bei hoher Drehzahl des Motors zu bewirken.

Wenn in dem obigen Verfahren Frequenzkomponenten entsprechend einem explosiven Rotationsgrad eines Motors, welcher betrachtet wird als ein Geräuschfaktor beim Erhalt der Kurbelwinkel-Geschwindigkeit, ausgeschlossen sind von den gemessenen Kurbelwinkel-Geschwindigkeits-Daten, kann ein Einfluß einer Resonanz in der Kurbelwellendrehung aufgrund eines explosiven Schlags einer Verbrennung wirksam vermieden bzw. entfernt werden, so daß eine Verlässlichkeit der Beurteilung der Verbrennungszustände in den Zylindern verbessert ist. Es wird erkannt, daß der explosive Rotationsgrad des Motors in Frequenzkomponenten besteht, die den Motor-Verbrennungszustand in den Zylindern nicht reflektieren.

In diesem Fall können die dem explosiven Rotationsgrad des Motors entsprechenden Frequenzkomponenten entfernt werden durch Erhalt einer Differenz in den erfaßten Daten der Kurbelwinkelgeschwindigkeit zwischen dem gegenwärtigen Zyklus bzw. Takt und dem vorausgehenden Zyklus bzw. Takt, um die Schwankung der Kurbelwinkel-Geschwindigkeit zu erhalten.

Der Einfluß der Resonanz neigt dazu, in dem hohen Drehzahlbereich des Motors erhöht zu sein, so daß die Frequenzkomponenten entsprechend dem explosiven Motor-Rotationsgrad nur in dem hohen Drehzahlbereich des Motors entfernt werden können. Wenn die Frequenzkomponenten unterhalb von 0,5 Grad der Motorrotation ausgeschlossen werden in dem Fall, wenn die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft oder die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderungseigenschaft erhalten wird auf der Basis von Daten der Messung des Kurbelwinkels oder eines äquivalenten Wertes davon, können Einflüsse aufgrund der Kurbelwinkelschwankung, die sich aus dem Ungleichgewicht der Räder und einer Kraftübertragung sowie einer Vibration ergeben, die auf die Reifen übertragen von der Straßenoberfläche wirkt, entfernt werden, um die Genauigkeit der Beurteilung des Verbrennungszustandes in dem Zylinder zu verbessern.

Es ist vorteilhaft, daß das A/F gesteuert bzw. geregelt wird auf der Basis der Beurteilung des Verbrennungszustands in einem Magerverbrennungsbetrieb, bei dem das A/F gesteuert bzw. geregelt wird auf einen Wert größer als ein theoretischer Wert in einem vorbestimmten Betriebsbereich des Motors. In diesem Fall wird A/F-Steuerverstärkung auf der Basis des Verbrennungszustandes gesteuert bzw. geregelt.

Gemäß dem obigen Verfahren wird der A/F magergesteuert oder so gesteuert, daß er einen größeren Wert als den theoretischen A/F in dem Magerverbrennungsbetrieb hat, während der Verbrennungszustand in dem Zylinder stabil gehalten wird.

In anderer Hinsicht liefert die vorliegende Erfindung ein Motorsteuersystem, das Gebrauch von dem obigen Verfahren macht, aufweisend eine Kurbelwinkel-Geschwindigkeitserfassungseinrichtung zum Erfassen innerer Kurbelwinkel-Geschwindigkeit oder eines Äquivalents davon eines Motors in einem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich, der selektiv bestimmt ist innerhalb eines Bereiches zwischen einem Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung vor dem Abschluß steht in einem gegebenen Zylinder und einem weiteren Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung vor dem Start in dem nächsten Zylinder steht, um eine Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft zu erfassen, eine Verbrennungszustand-Beurteilungseinrichtung zum Beurteilen des Ver-

brennungszustandes auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft in dem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich und eine Luftkraftstoffverhältnis-Steuereinrichtung zum Steuern bzw. Regeln eines Luftkraftstoffverhältnisses des Motors gemäß der Beurteilung der Verbrennungszustand-Beurteilungseinrichtung.

Bevorzugt weist die Luftkraftstoffverhältnis-Steuereinrichtung eine Luftkraftstoff-Steuerverstärkung-Einstelleinrichtung auf zum Einstellen einer Soll-Luftkraftstoff-Steuerverstärkung, die ein größeres Luftkraftstoffverhältnis liefert als ein theoretisches Luftkraftstoffverhältnis in einem vorbestimmten Magerverbrennungsbetriebsbereich und eine Luftkraftstoffverhältnis-Steuerverstärkung-Kompensationseinrichtung zum Kompensieren der Luftkraftstoff-Steuerverstärkung auf der Basis der Beurteilung der Verbrennungszustand-Beurteilungseinrichtung. Die Verbrennungszustand-Beurteilungseinrichtung beurteilt den Verbrennungszustand in dem Zylinder durch Vergleichen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderungseigenschaft mit einem ersten Einstellwert und einem zweiten Einstellwert, der geringer ist als der erste Einstellwert, wobei die Luftkraftstoffverhältnis-Kompensationseinrichtung die Luftkraftstoffverhältnis-Steuerverstärkung kompensiert, um ein Einlaßgasgemisch anzureichern, wenn die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsschwankung größer ist als der erste Einstellwert, und das Einlaßgasgemisch abzumagern, wenn die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsschwankung kleiner ist als der zweite Einstellwert.

Bevorzugt erfaßt die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitserfassungseinrichtung die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft oder ein Äquivalent davon des Motors in dem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich, der selektiv bestimmt ist in einem Kurbelwinkelbereich zwischen 100°CA und 200°CA nach dem oberen Totpunkt (ATDC) in dem Ausdehnungshub.

Ferner weist in einer bevorzugten Ausführungsform das Steuersystem auf eine Datenverarbeitungseinrichtung zum Entfernen von Frequenzkomponenten entsprechend dem explosiven Motor-Rotationsgrad und wertet Frequenzkomponenten entsprechend Werten unterhalb von 0,5 Grad der Motor-Rotation aus den Daten, die durch die Messung erhalten werden.

Weitere Aufgaben, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung:

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Motors, der mit einem Steuersystem gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung versehen ist,

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm einer Steuereinheit,
Fig. 3 ist eine Ansicht, die eine Erfassungsplatte für einen Kurbelwinkel und einen Kurbelwinkelsensor zeigt,

Fig. 4 ist eine Karte, die Gebiete zeigt, die für die A/F-Steuerung eingestellt sind,

Fig. 5 ist eine erläuternde Ansicht, die Änderungen von Hub, Drehmoment und Kurbelwinkel-Geschwindigkeit eines Vierzylinder-Viertaktmotors zeigt,

Fig. 6 ist eine erläuternde Ansicht, die das Verhältnis zwischen einem Verbrennungsdruck und einem Kurbelwinkel-Änderungsprofil zeigt,

Fig. 7 ist eine Ansicht, die eine Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsschwankung aufgrund eines Rauschfaktors zeigt,

Fig. 8 ist eine Ansicht, die Daten zeigt nach Entfer-

nung von Frequenzkomponenten der 0,5-Grad-Motordrehung und diejenigen, die natürliche Vielfache davon sind, und zwar aus den erfaßten Kurbelwinkeldaten,

Fig. 9 ist eine Ansicht, die Daten zeigt nach Entfernung von Frequenzkomponenten mit Graden unterhalb von 0,5 Grad der Motordrehung unter Verwendung eines Hochpaß-Filters,

Fig. 10 ist ein Flußdiagramm einer Hauptroutine,

Fig. 11 ist ein Flußdiagramm einer Routine, welche eine Lernsteuerung zeigt,

Fig. 12 ist ein Flußdiagramm einer Routine, welche eine Rauhigkeits-Steuerung zeigt,

Fig. 13 ist ein Flußdiagramm einer Routine für eine Zündzeitpunkt-Steuerung,

Fig. 14 ist eine Kennlinie, die einen Einfluß einer Kühlmitteltemperatur auf einen gelernten Wert zeigt, und

Fig. 15 ist eine graphische Darstellung einer Beziehung zwischen Zündzeitpunkt, Rauhigkeit und der NO_x -Emissionsmenge.

Nachstehend wird die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die angehängte Zeichnung im Detail beschrieben:

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Motors, auf den die vorliegende Erfindung angewandt wird. Der Motor ist ein Vierakt-Benzinmotor mit vier geraden Zylindern, der versehen ist mit einem Motorkörper 1 und einem Einlaß- und Auslaßsystem dafür. Jeder Zylinder des Motorkörpers 1 ist gebildet mit einer Verbrennungskammer 3 über einem Kolben 2. Zu der Verbrennungskammer 3 sind geöffnet ein Einlaßanschluß 4 und ein Auslaßanschluß 5, für die ein Einlaßventil 6 und Auslaßventil 7 vorgesehen sind. Eine Zündkerze 8 ist angebracht am Motorkörper 1, um in die Verbrennungskammer 8 hineingerichtet zu werden. Die Zündkerze 8 ist mit einem Zündkreis 9 verbunden, der einen Zünder aufweist, der zu einer elektronischen Steuerung der Zündzeitpunkte geeignet ist.

An einem Ende einer Kurbelwelle des Motorkörpers 1 ist befestigt eine Erfassungsplatte 11 mit einer vorbestimmten Anzahl von Vorsprüngen 12 an deren Peripherie. Ein Kurbelwinkelsensor 13, welcher einen elektromagnetischen Aufnehmer oder dergleichen aufweist, ist angeordnet entsprechend den peripheren Abschnitten der Platte 11. Wenn die Platte 11 sich zusammen mit der Kurbelwelle während des Motorbetriebs dreht, wird ein Impulssignal erzeugt, wenn der Vorsprung 12 durch den Kurbelwinkelsensor 13 läuft. Der Motorkörper 1 ist versehen mit einem Kühlmitteltemperatursensor 14. Das Einlaßsystem des Motors ist versehen mit einer Einlaßleitung 16 zum Einführen einer Einlaßluft bzw. Ansaugluft von einem Luftreiniger 15 in den Motorkörper 1. Die Einlaßleitung ist ausgebildet als eine gemeinsame Einlaßleitung 17, ein Druckausgleichsbehälter 18, der abwärts davon angeordnet ist, und einzelne Einlaßleitungen 19 von dem Druckausgleichsbehälter 18 zu den Einlaßanschlüssen 4 jeweils der Zylinder. In der gemeinsamen Einlaßleitung 17 sind angeordnet ein Luftfluß-Meßgerät 21, ein Drosselventil 22, eine Leerlaufgeschwindigkeit-Steuerungs(ISC)-Leitung 23, welche das Drosselventil 22 überbrückt, und ein ISC-Ventil 24 zum Öffnen und Schließen der ISC-Leitung. Zusätzlich sind in dem Einlaßsystem vorgesehen ein Einlaßgas-Temperatursensor 25, ein Leerlaufschalter 26 zum Erfassen eines vollständig geschlossenen Zustands und ein Drosselöffnungs-Sensor 27 zum Erfassen der Drosselöffnung.

In der Nähe eines abwärtigen Endes der einzelnen

Leitungen 19 sind Einspritzeinrichtungen befestigt zum Einspritzen eines Brennstoffs. Die Einspritzeinrichtung 28 öffnet sich für eine Zeitdauer entsprechend einer Impulsbreite basierend auf einem Signal (Einspritzimpuls) von der elektronischen Steuereinheit (ECU) 40, um den durch eine Ölzpumpe (nicht gezeigt) zugeführten Brennstoff durch eine Ölleitung zu dem Einlaßanschluß 4 einzuspritzen. Um die Verbrennbarkeit während des Magerverbrennungsbetriebs zu verbessern, ist es bevorzugt, daß die einzelnen Leitungen geteilt werden in eine Hauptleitung (nicht gezeigt) und eine Sekundärleitung 19a in dem abwärtigen Bereich davon, von denen beide zu dem Anschluß 4 hin geöffnet sind, und wobei ein Wirbelsteuerventil 29 vorgesehen ist in der Sekundärleitung 19a, um in dem Magerverbrennungsbetrieb und dergleichen geschlossen zu werden, um Verwirbelung des Einlaßgases in der Verbrennungskammer 3 zu erzeugen. Das Ablaßsystem bzw. Auspuffsystem des Motors ist versehen mit Ablaßleitungen 31, die zu den Ablaßanschlüssen 5 jedes Zylinders geführt sind. In der Ablaßleitung 31 sind ein λO_2 -Sauerstoffsensor 32 und ein Katalysator 33 zum Reinigen des Abgases vorgesehen. Der λO_2 -Sensor erfaßt die Sauerstoffkonzentration (O_2 -Konzentration) im Ausgang des Abgases, um den A/F des Einlaßgases zu erhalten, das in die Verbrennungskammer 3 eingeführt ist, wobei der Ausgang des O_2 -Sensors sich erheblich ändert, wenn der theoretische A/F erfaßt wird. Der Katalysator 33 kann die Emission beispielsweise von NO_x in dem Abgas reinigen und kann bevorzugt wirksam sein auch in dem Magerverbrennungs-Betriebszustand, in dem der A/F kontinuierlich einen Wert einnimmt, z.B. mehr als 22 größer als der theoretische Wert, wobei mit anderen Worten eine magere Einlaßgasmischung kontinuierlich in die Verbrennungskammer 3 eingeführt wird.

Eine elektronische Steuereinheit (ECU) 40 ist gezeigt für eine Motorsteuerung bzw. Motorregelung, die aus einem Mikrocomputer und dergleichen gebildet ist. In die ECU 40 werden Signale von dem Kurbelwinkelsensor 13, einem Kühlmitteltemperatursensor 14, einem Luftfluß-Meßgerät 21, einem Einlaßgas-Temperatursensor 25, einem Leerlaufschalter 26, einem Drosselöffnungssensor 27, einem λO_2 -Sensor 32 und dergleichen eingespeist. Die ECU 40 erzeugt Signale zum Steuern der Einspritzeinrichtung 28 für die Brennstoffeinspritzung, den Zündkreis 9 für den Zündzeitpunkt und Signale für ein Betätigungsglied 24a des ISC-Ventils 24 und ein Betätigungsglied 29a des Wirbelsteuerventils 29. Die ECU 40, wie in Fig. 2 gezeigt, ist mit einem Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaftserfassungselement 41 versehen, einem Meßdaten-Verarbeitungselement 43, einem Beurteilungselement 44 und einem A/F-Steuer-element 45. Die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft-Erfassungseinrichtung erfaßt eine Kurbelwinkelgeschwindigkeit aufgrund einer Motoroperation auf der Basis von Signalen von dem Kurbelwinkelsensor 13, insbesondere auf der Basis von Intervallen der Signale von dem Sensor 13. Bevorzugt wird die Erfassung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit ausgeführt in einem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich, der selektiv bestimmt ist zwischen einem Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung vor dem Ende steht in einem Zylinder, und einem weiteren Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung vor einem Beginn in dem nächsten Zylinder eines Motorzyklus steht (bevorzugt während der zweiten Hälfte des Ausdehnungshubs).

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Kurbelwinkel-Erfassungspunkte so vorgesehen, daß der

vorbestimmte Kurbelwinkelbereich zum Erfassen der Kurbelwinkelgeschwindigkeitseigenschaft bestimmt ist, um einen Kurbelwinkelbereich nicht kleiner als 60° CA in einem Bereich von 10° bis 200° CA in dem Ausdehnungshub zu haben. Beispielsweise sind Anordnungen der Vorsprünge 12 in der Platte 11 und des Kurbelwinkelsensors 13 so bestimmt, um den Kurbelwinkel von ATDC 104° CA und ATDC 174° CA (6° vor dem oberen Totpunkt (BTDC)) zu erfassen. Die Kurbelwinkelgeschwindigkeit ω für 70° CA in den eingestellten Erfassungspunkten, welche den obigen Bereich von ATDC 104° CA und ATDC 174° CA abdecken, wird berechnet.

Das Meßdaten-Verarbeitungselement 43 berechnet die Kurbelwinkelschwankung aus den Kurbewinkeldata, gemessen durch das Kurbelwinkel-Geschwindigkeitserfassungselement 41. In diesem Fall werden bestimmte Frequenzkomponenten mit $0,5$ Grad der Motorrotation, deren natürliche Vielfache, und die Frequenzkomponenten mit Graden unterhalb von $0,5$ Grad der Motorrotation aus den erhaltenen Kurbewinkeldata entfernt, um mögliche Geräuschknoten der Beurteilung des Verbrennungszustandes zu entfernen.

Das Verbrennungs-Beurteilungselement 44 beurteilt, ob oder nicht die Verbrennungszustände in den Zylindern stabil sind auf der Basis des Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsschwankungsprofils.

Das A/F-Steuerelement 45 stellt die Kraftstoffeinspritzmengen aus den Einspritzeinrichtungen 28 ein, auf der Basis der Ausgänge des Luftfluß-Meßgeräts 21, der Motordrehzahl, der Kühlmittel (Wasser)-Temperatur, des λO_2 -Sensors 32, um das A/F zu steuern bzw. zu regeln. Das A/F-Steuerelement 45 weist auf ein Luftkraftstoff-Steuerverstärkung-Einstellelement 46 zum Einstellen einer Soll-Luftkraftstoff-Steuerverstärkung, die ein größeres Luftkraftstoffverhältnis liefert als ein theoretisches Luftkraftstoffverhältnis in einem vorbestimmten Magerverbrennungsbereich und ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerverstärkungs-Kompensationselement 47 zum Kompensieren der Luftkraftstoff-Steuerverstärkung auf der Basis der Beurteilung des Verbrennungszustand-Beurteilungselementes 44, um dadurch den Magerverbrennungsbetrieb in dem vorbestimmten Bereich auszuführen.

Der Magerverbrennungsbetriebsbereich ist definiert, wie in Fig. 4 gezeigt, als ein vorbestimmter Betriebsbereich, mit Ausnahme eines Leerlauf-Betriebsbereiches (beispielsweise alle Betriebsbereiche außerhalb des Leerlauf-Betriebsbereichs). Nach einem Motor-Aufwärmtrieb in dem Magerverbrennungs-Betriebsbereich wird eine Basis-Kraftstoff-Einspritzmenge (A/F-Steuerverstärkung) eingestellt auf der Basis der Einlaßluftmenge, um einen vorbestimmten Soll-A/F zu erreichen, und die Basis-Kraftstoffmenge wird kompensiert auf der Basis der Beurteilung der Verbrennungsbedingungen in den Zylindern, um das A/F auf eine magerere Verbrennungsgrenze zu steuern bzw. zu regeln.

Nachstehend wird die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 5 zeigt Änderungen des Motorausgangs-Drehmoments und der Kurbelwinkelgeschwindigkeit ω mit einem Kurbelwinkel in der Abszisse in einem Vierakt-Benzinmotor mit geraden vier Zylindern. Wie erläutert, tritt die Verbrennung auf in den Zylindern Nr. 4, Nr. 2, Nr. 1 und Nr. 3, in dieser Reihenfolge. Aufgrund der Verbrennung ändert sich ein Gasdruck-Drehmoment (Doppelpunkt Strich Kettenlinie), und aufgrund des Kolbenhubs ändert sich ein Trägheitsdrehmoment. Ein Kompositdrehmoment des Gasdruck-Drehmoments

und der Trägheitsdrehmoment-Änderung ist gezeigt durch eine dicke durchgezogene Linie in der normalen Verbrennung. Die Kurbelwinkelgeschwindigkeit ändert sich, wie durch eine reale Linie A in der normalen Verbrennung gezeigt, in der die Kurbelwinkelgeschwindigkeit wächst, wenn ein Verbrennungsdruck nach der Zündung steigt, und sodann abfällt, wenn die Verbrennung beendet ist. Wenn dagegen ein Zündfehler oder eine Fehlzündung im Zylinder Nr. 1 auftritt, ändert sich die Kurbelwinkelgeschwindigkeit, wie durch eine unterbrochene Linie B gezeigt, wobei die Kurbelwinkelgeschwindigkeit erheblich sinkt in der Mitte des Ausdehnungshubs, wenn der Verbrennungsdruck vermindert ist, so daß die Differenz der Kurbelwinkelgeschwindigkeit zwischen der Normalverbrennung und der Fehlzündung erhöht ist.

In der normalen Verbrennung ist die Kurbelwinkelgeschwindigkeit erhöht, wenn der Verbrennungsdruck erhöht ist in dem Zylinder nach der Zündung, und die Kurbelwinkelgeschwindigkeit ist vermindert bei Abschluß bzw. Beendigung der Verbrennung. In dem Fall einer Fehlzündung ist dagegen der Anstieg der Kurbelwinkelgeschwindigkeit in der Verbrennung oder im Ausdehnungshub klein. Es sollte jedoch beachtet werden, daß die Kurbelwinkelgeschwindigkeit relativ gering ist in der ersten Hälfte des Verbrennungshubs auch in der normalen Verbrennung, und daher ist die Differenz zwischen der normalen Verbrennung und der Fehlzündung nicht so ausgeprägt in der ersten Hälfte des Verbrennungshubs. In der zweiten Hälfte des Hubs ist die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsverminderung des geringen Verbrennungsdrucks aufgrund der Fehlzündung ausgeprägt, und die Differenz in der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft zwischen der Normalverbrennung und der Fehlzündung ist erhöht. In dem nächsten Zylinder (Nr. 3), der eine Verbrennung machen soll folgend dem fehlgezündeten gegenwärtigen Zylinder, ist die Kurbelwinkelgeschwindigkeit noch langsam in der ersten Hälfte des Ausdehnungshubs aufgrund des Einflusses der Fehlzündung des vorausgehenden Zylinders (Nr. 2). Die Kurbelwinkelgeschwindigkeit erholt sich bzw. nimmt zu auf einen Normalwert, jedoch, wenn der Hub fortgeschritten ist.

Fig. 6 zeigt eine Beziehung zwischen dem Verbrennungsdruck und der Veränderung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit, wobei die Abszisse die Kurbelwinkelgeschwindigkeit ω zeigt mit einem oberen Totpunkt des Kompressionshubs von 0° in einem Zylinder und die Ordinate ein Korrelationskoeffizient ist. Der Korrelationskoeffizient ist definiert als ein Einflußgrad des Verbrennungszustands (Verbrennungsdruck) auf die Kurbelwinkelgeschwindigkeit. Wenn der Wert des Korrelationskoeffizienten positiv ist, ist die Korrelation zwischen dem Verbrennungsdruckprofil und dem Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsprofil ausgeprägt oder erheblich in einem spezifischen Zylinder. Wenn der Wert negativ ist, bedeutet dies, daß das Verbrennungsdruckprofil in dem vorausgehenden Zylinder das Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsprofil verglichen mit dem gegenwärtigen Zylinder stark beeinflußt.

Wie aus Fig. 5 und 6 zu sehen, wird die Kurbelwinkelgeschwindigkeit dominiert durch den Verbrennungszustand durch den vorausgehenden Zylinder, der gezündet bzw. verbrannt hat gerade vor dem gegenwärtigen Zylinder, bis die Hauptverbrennungsdauer (etwa TDC-ATDC 20° CA) und eine Verzögerungszeitdauer (etwa 20° CA) verstrichen ist. Die Verzögerungszeitdauer ist definiert als die Zeitdauer zwischen der Zeit, wenn die

Verbrennung in dem Zylinder auftritt und der Zeit, wenn der Drehmomentanstieg aufgrund der Verbrennung in der Kurbelwinkelgeschwindigkeit reflektiert ist. Die Zeit, wenn die Hauptverbrennungszeitdauer und die Verzögerungszeitdauer verstrichen sind, entspricht allgemein der Zeit, wenn die Verbrennung in dem Zylinder im wesentlichen endet. Eine ausgeprägte Korrelation des Verbrennungsdruck-Änderungsprofils und des Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderungsprofils kann erhalten werden zwischen der Zeit des wesentlichen Endes der Verbrennung und einer Zeit, wenn die Verbrennung in dem nächsten Zylinder in dem Motorzyklus im wesentlichen beginnt.

Im Hinblick darauf wird das Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderungsprofil im wesentlichen erhalten in dem Kurbelwinkelbereich von einem wesentlichen Ende der Verbrennung (etwa ATDC 40°CA) in dem gegenwärtigen Zylinder zu einem wesentlichen Beginn der Verbrennung in dem nächsten Zylinder (etwa ATDC 200°CA). Spezifisch nach der Reduktion des Gasdruck-Drehmoments und der Erfahrung des Drehmoment-Wendepunktes (etwa ATDC 90°CA), wird der Korrelationskoeffizient in einer Zeitdauer X (ATDC 100°CA bis ATDC 200°CA) bemerkenswert, wobei das Trägheitsdrehmoment erhöht ist. Dies ist bemerkenswert in dem hohen Drehzahlbereich des Motors, in dem das Trägheitsmoment erhöht ist.

Wenn daher die Kurbelwinkelgeschwindigkeit erfaßt wird während der Zeitdauer von ATDC 40°CA bis ATDC 200°CA, insbesondere während der Zeitdauer von ATDC 100°CA bis ATDC 200°CA, kann die Beurteilung des Verbrennungszustandes verlässlich sein. In dieser Ausführungsform wird der Verbrennungszustand beurteilt während des Magerverbrennungsbetriebs, in welchem A/F auf einen Wert größer als der theoretische A/F gesteuert bzw. geregelt wird, spezifisch in den Zuständen mittlerer und hoher Motor-Drehzahl. In diesem Fall kann die Verlässlichkeit der Beurteilung des Verbrennungszustands verbessert werden durch Messung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit in einem Bereich X in Fig. 6. Es ist besonders bevorzugt, daß der Kurbelwinkel-Erfassungsbereich größer als 60°CA ist, um eine ausreichende Erfassungszeitdauer für den Kurbelwinkel (unter Erhalt von Signalen von dem Kurbelwinkelsensor) auch in Zuständen mittlerer und hoher Motordrehzahl zu halten.

Auf der Basis des obigen wird die Kurbelwinkelgeschwindigkeit berechnet auf der Basis der Messung von Intervallen der Signale von dem Kurbelwinkelsensor 13. Das Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderungsprofil wird erhalten auf der Basis von erfaßten Daten der Kurbelwinkelgeschwindigkeit. In diesem Fall werden Geräuschsignale gegen die genaue Beurteilung der Verbrennungszustände in den Zylindern aus den erfaßten Daten entfernt mit Hilfe des Erfassungsdaten-Verarbeitungselementes 43.

Als Geräuschfaktoren, welche eine Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsschwankung, mit Ausnahme der Veränderung in dem Verbrennungszustand erzeugen, sind bekannt Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsvariationen auf der Basis eines Einflusses der Resonanz aufgrund der explosiven Verbrennung als Vibrationsquelle, einer Raddrehung aufgrund eines Ungleichgewichts des Rades und dessen Antriebssystems, einer Vibration, welche von einer Straßenoberfläche auf einen Reifen und der gleichen wirkt. Wie in Fig. 7 gezeigt, wird das Geräusch der explosiven Rotationsgrad-Komponente aufgrund des Einflusses der Resonanz erzeugt in Frequenzkom-

ponenten mit 0,5 Grad der Motordrehzahl und deren natürliche Vielfache. In dem Viertakt-Motor entspricht ein Zyklus bzw. Takt der Motorausgangs-Drehmomentänderung zwei Drehungen der Kurbelwelle. Wenn die Drehmomentänderung der Kurbelwelle in Fourier-Reihen ausgedrückt ist, ist der erste Ausdruck der harmonischen Reihe 0,5 Grad gefolgt von 1 Grad, 1,5 Grad und dergleichen als zweitem und drittem Term und dergleichen (wobei ein harmonischer Ausdruck mit einem Takt für eine Kurbelwellendrehung ein Grad ist). Dies ist deswegen der Fall, da der Viertakt-Motor einen Takt für zwei Kurbelwellen-Drehungen hat. Die Geräusche aufgrund des Einflusses des Raddreh-Ungleichgewichts und aufgrund des Einflusses der Straßenoberfläche werden erzeugt in einem Zyklus bzw. Takt unterhalb von 0,5 Grad der Motordrehung.

Im Hinblick darauf schließt das Erfassungsdaten-Verarbeitungselement 43 Frequenzkomponenten von 0,5 Grad und deren ganzzahlige Vielfache der Motordrehzahl für die Geräuschverarbeitung aus. Spezifisch wird die Abweichung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit des laufenden Taktes und des vorausgehenden Taktes erhalten. Die Abweichung $d\omega[i]$ der Kurbelwinkelgeschwindigkeit zwischen dem gegenwärtig erfaßten Wert $\omega[i]$ der Kurbelwinkelgeschwindigkeit und dem vier-Zeiten-vorausgehenden Wert $\omega[i-4]$ in dem vier-Zeiten-vorausgehenden Takt der Kurbelwinkelgeschwindigkeit bezüglich desselben Zylinders wird berechnet. Im Ergebnis sind Frequenzkomponenten von 0,5 Grad der Motordrehung und natürliche Vielfache davon ausgeschlossen aus den erfaßten Kurbelwinkeldaten, wie in Fig. 8 gezeigt.

Beispielsweise kann die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderung erhalten werden durch die folgende Formel:

$$d\omega = (\omega[i-2] + \omega[i-1] + \omega[i]/3 - \omega[i-1]),$$

wobei $\omega[i]$, $\omega[i-1]$, $\omega[i-2]$ Kurbelwinkelgeschwindigkeiten in den gegenwärtigen, vorausgehenden bzw. zwei-Zeiten-vorausgehenden erfaßten Werten sind. Alternativ können die Frequenzkomponenten von 0,5 Grad und die der natürlichen Vielfachen der Motordrehung entfernt werden durch Erhalt der Abweichung der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderung $d\omega$ zwischen dem laufenden Wert und dem vorausgehenden Wert.

Zusätzlich werden die erfaßten Daten verarbeitet durch einen Hochpaß-Filter (beispielsweise ein rotationssynchrones Digitalfilter vom FIR-Typ), um die Geräuschkomponenten mit Graden unterhalb von 0,5 Grad der Motordrehung ausreichend zu vermindern, wie in Fig. 9 gezeigt.

Der Verbrennungszustand wird beurteilt auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsveränderungsdaten durch das Beurteilungselement 44. Die Kraftstoff-einspritzmengen von den Einspritzeinrichtungen 28 werden gesteuert bzw. geregelt auf der Basis der Beurteilung des Verbrennungszustandes durch das A/F-Steuerelement 45 zur Steuerung des A/F. Die Beurteilung des Verbrennungszustandes und die Steuerung für das A/F werden durchgeführt während des Magerverbrennungsbetriebs, um das A/F auf die Magerverbrennungsgrenze zu steuern bzw. zu regeln, während eine stabile Verbrennung in dem Zylinder aufrechterhalten bleibt.

In Fig. 10 bis 12 ist eine A/F-Steuerung gezeigt vermittels des A/F-Steuerelementes. In dieser Ausführungsform wird ohne den linearen O₂-Sensor, welcher

teuer ist, nur ein λ -O₂-Sensor 32 eingesetzt, der relativ kostengünstig ist, um das A/F zu erfassen. Wenn eine Motortemperatur geringer ist als ein vorbestimmter Wert und wenn der Motor-Betriebszustand sich in dem Leerlaufbetrieb befindet, wird die A/F-Regelung (Rückkopplungssteuerung) durchgeführt auf der Basis des Ausgangs des λ -O₂-Sensors 32, um den A/F-Wert auf den theoretischen Wert zu steuern bzw. zu regeln. In dem aufgewärmten Zustand, wenn die Motortemperatur höher ist als der vorbestimmte Wert in dem Magerverbrennungs-Betriebsbereich, wird eine offene Steuerung grundsätzlich durchgeführt, um einen vorbestimmten mageren A/F-Wert zu erreichen, der einen größeren Wert hat als der theoretische A/F.

Nachstehend wird die A/F-Steuerung gemäß der vorliegenden Erfindung im Detail erläutert.

Eine Hauptroutine, die in Fig. 10 gezeigt ist, beginnt zunächst mit dem Auslesen der Motor-Kühlmitteltemperatur, des λ O₂-Sensorausgangs, des Luftfluß-Meßgerätausgangs, der Motordrehzahl und dergleichen (Schritt S1). Danach wird beurteilt, ob oder nicht die Motor-Kühlmitteltemperatur Tw höher ist als ein Referenzwert Tw0 (beispielsweise 50°C), was den halb-aufgewärmten Zustand bezeichnet (Schritt S2). Wenn die Motor-Kühlmitteltemperatur Tw größer ist als der Referenzwert Tw0, wird die Rückkopplungssteuerung bzw. die Regelung für A/F durchgeführt. Als nächstes wird beurteilt, ob oder nicht die Bedingungen für das Lernen der Brennstoff-Einspritzung bestimmt sind (Schritt S3). Wenn beispielsweise der Motorbetriebszustand anders ist als der Leerlauf-Betriebsbereich und wenn die A/F-Regelung basierend auf dem Ausgang des λ O₂-Sensors bereit ist, ausgeführt zu werden, wird beurteilt, daß die Lernbedingungen eingehalten sind, und sodann setzt das Verfahren bei Schritt S4 sich fort, um die Lernsteuerung durchzuführen.

In der Lernsteuerung, wie in Fig. 5 gezeigt, wird die Brennstoff-Einspritzmenge TI gemäß der folgenden Formel berechnet:

$$TI = Caf \cdot TI0 \cdot Cve + Cfb + Clrnp,$$

wobei TI0 eine Basis-Kraftstoff-Einspritzmenge ist, basierend auf dem Betriebszustand, der beispielsweise erhalten wird aus der Einlaßluftmenge und der Motordrehzahl,

Caf ist ein A/F Kompensationskoeffizient (in dieser Ausführungsform ist Caf=1 entsprechend dem theoretischen A/F).

Cve ist ein volumetrischer Wirkungsgrad-Kompensationskoeffizient (im Detail später beschrieben),

Cfb ist ein Rückkopplungs-Kompensationswert entsprechend dem λ -O₂-Sensorausgang, und

ClrnP ist ein gelernter Kompensationswert (wenn die Lernsteuerung nicht ausgeführt wird, ist der Wert von ClrnP=0). Die Kraftstoffeinspritzung wird vorgenommen mit dem berechneten Wert TI (Schritt S401). In Fig. 11 wird der Rückkopplungs-Kompensationswert Cfb abgetastet mit einer vorbestimmten Abtastzeit bzw. Probenahmezeit (Schritt S402, S403). Wenn die Abtastzahl die vorbestimmte Zahl erreicht, beispielsweise 16, wird der Wert von ClrnP berechnet aus einem Mittelwert der abgetasteten Werte der Rückkopplungs-Kompensationswerte Cfb, um in einem Speicher (Schritt S404 und Schritt S405) gespeichert zu werden. Wenn in diesem Fall die abgetastete Zahl eine minimale effektive Zahl (beispielsweise 4) überschreitet, die kleiner ist als die vorbestimmte Abtastzahl, kann ein tempo-

rärer Magerkompensationswert ClrnP berechnet werden (Schritt S406, S407).

Auf diese Weise wird die Lernsteuerung durchgeführt, bevor der Motor den aufgewärmten Zustand erreicht. In diesem Fall verändert die Kühlmitteltemperatur den Lernkompensationswert ClrnP. Wenn beispielsweise die Kühlmitteltemperatur extrem gering ist, wie in Fig. 14 gezeigt, weichen die gelernten Kompensationswerte stark ab von denjenigen, die erhalten werden in einem aufgewärmten oder im wesentlichen aufgewärmten Zustand, wenn die Kühlmitteltemperatur nahe an den aufgewärmten Zustand reicht. Im Ergebnis ist der gelernte Kompensationswert nicht verlässlich in dem Fall des unzulässig geringen Kühlmitteltemperaturzustands. Im Hinblick darauf wird die Lernsteuerung nicht durchgeführt, wenn die Kühlmitteltemperatur Tw geringer ist als der Referenzwert Tw0 oder wenn der Motor-Betriebszustand den halb-aufgewärmten Zustand noch nicht erreicht hat. Bevorzugt kann der gelernte Kompensationswert ClrnP kompensiert werden auf der Basis der Abhängigkeit der Kühlmitteltemperatur, wie in Fig. 14 gezeigt, und zwar während der Lernsteuerung.

In Fig. 11, in Schritt S5, wird beurteilt, ob oder nicht der Magerverbrennungs-Betriebszustand eingehalten wurde. In dieser Beurteilung wird beispielsweise beurteilt, daß der Magerverbrennungs-Betriebszustand eingehalten ist, wenn die Kühlmitteltemperatur höher ist als ein vorbestimmter Wert, beispielsweise 60°C, und wenn der Betriebszustand sich in dem Magerverbrennungs-Betriebsgebiet befindet. Wenn die Magerverbrennungs-Betriebsbedingungen in Schritt S5 erreicht sind, wird beurteilt, ob oder nicht die Lernsteuerung ausgeführt wurde, und zwar durch Beurteilen, ob oder nicht wenigstens der temporäre gelernte Kompensationswert ClrnP erhalten wurde durch die Lernsteuerung in Schritt S6 (S407 in Fig. 11). Wenn entweder die Beurteilung in Schritt S5 oder in Schritt S6 "NEIN" ist, wird das Verfahren zurückgeführt zum Schritt S4. Wenn dagegen beide Ergebnisse in Schritt S5 und S6 "JA" sind, wird die Brennstoff-Einspritzmenge TI1 als eine bevorzugte Ausführungsform des A/F-Steuerverstärkungsfaktors berechnet, um ein vorbestimmtes A/F oder Soll-A/F zu erreichen, welches eine magerere Einlaßgasmischung liefert als die unter dem theoretischen A/F durch die folgende Formel und wird ausgeführt bei einer vorbestimmten Zeit (Schritt S7).

$$TI1 = Caf \cdot TI0 \cdot Cve + Cfb + ClrnP,$$

wobei Caf kleiner ist als 1 für eine vorbestimmte magerere Einlaßgasmischung A/F;

Cfb 0 ist; und

ClrnP ein Wert ist, der ein gelernter Kompensationswert ist, erhalten durch die Lernsteuerung (Schritt S4) und gespeichert in dem Speicher. Somit wird der gelernte Wert ClrnP verwendet für die Berechnung einer Steuerverstärkung der Brennstoff-Einspritzmenge während des Magerverbrennungsbetriebs, so daß die A/F-Steuerung in dem Magerverbrennungsbetrieb ausgeführt wird nicht auf der Basis des Ausgangs des linearen O₂-Sensors, und die Variationen der Brennstoff-Einspritzmenge abhängig von den jeweiligen Einspritzeinrichtungen werden kompensiert auf der Basis des Ergebnisses der Lernsteuerung, um eine geeignete Kraftstoff-Einspritzsteuerung zu erreichen.

In der obigen Formel wird ein volumetrischer Kompensationskoeffizient Cve verwendet, um die Abwei-

chung eines wahren volumetrischen Wirkungsgrads von einem brutto-volumetrischen Wirkungsgrad auf der Basis des Ausgangs des Luftfluß-Meßgerätes zu kompensieren, nämlich der Differenz zwischen dem Wert, berechnet auf der Basis des Ausgangs des Luftfluß-Meßgerätes und einer aktuellen Menge der Einlaßluft, die in den Motor eingeführt ist. Die Differenz zwischen dem berechneten Wert und dem wahren Wert der Einlaßluftmenge bezieht sich auf die Motoreigenschaft und ändert sich abhängig von dem Betriebsbereich. Somit wird der volumetrische Kompensationskoeffizient C_{ve} vorbestimmt auf der Basis von experimentellen Daten für jeden Betriebszustand und wird gespeichert in dem Speicher als eine Kartenkonfiguration. Der spezifische Wert des volumetrischen Kompensationskoeffizienten C_{ve} wird bestimmt im Licht der von dem Betriebszustand abhängigen Karte.

Die Kompensation auf der Basis des Koeffizienten C_{ve} gemäß dem Betriebszustand wird vorgenommen, wenn die Brennstoff-Einspritzmenge berechnet wird während der Lernsteuerung. Somit wird ein Fehler aufgrund der Änderung des Betriebszustands in der Brennstoff-Einspritzmenge durch den volumetrischen Kompensationskoeffizienten kompensiert, so daß der gelernte Kompensationswert nicht wesentlich verändert ist abhängig von dem Betriebszustand. Dementsprechend ist es nicht notwendig, den Lernkompensationswert zu berechnen, wenn sich der Betriebszustand verändert. Im Ergebnis kann der gelernte Kompensationswert, erhalten in einem bestimmten Betriebszustand, effektiv verwendet werden bei der Berechnung der Brennstoff-Einspritzmenge in dem Magerverbrennungsbetrieb, auch, obwohl er erhalten wurde durch die Lernsteuerung nicht im Magerverbrennungsbetrieb.

Als nächstes wird in Schritt S8 die Rauhigkeitssteuerung durchgeführt, wobei spezifisch die Rauhigkeitssteuerung gemäß dem Verfahren durchgeführt wird, wie es in Fig. 12 gezeigt ist.

In Fig. 12 wird das Kurbelwinkel-Signal von dem Kurbelwinkel-Sensor eingeführt (Schritt S11). Eine Periode oder ein Zyklus bzw. Takt der Kurbelwellen-Drehung wird berechnet bezogen auf die periodische Erfassung der Kurbelwinkel-Signale (Schritt S12), und die Winkelgeschwindigkeit ω der Kurbelwelle wird berechnet (Schritt S13).

Nachfolgend auf Schritt S13 der Erfassung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit ω , wird eine Bestimmung der Zylinder vorgenommen (Schritt S14). Danach wird das Verfahren nachfolgend auf Schritt S14 durchgeführt für jeden der Zylinder. Für jeden der Zylinder wird die Änderung in der Kurbelwinkelgeschwindigkeit ω erhalten durch Ausschließen bzw. Vernachlässigen von Rauschen bzw. Geräuschen von den obigen Kurbelwinkeldaten.

Im Hinblick darauf werden bestimmte Frequenzkomponenten mit 0,5 Grad der Motordrehzahl und deren natürliche Vielfache entfernt aus den erhaltenen Kurbelwinkeldaten, und das Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderungsprofil wird erhalten, wobei spezifisch die Abweichung $d\omega[i]$ der Kurbelwinkelgeschwindigkeit zwischen dem gegenwärtigen Wert $\omega[i]$ und dem vorangegangenen Wert $\omega[i-4]$ in dem vorausgehenden Zyklus bzw. Takt bezüglich desselben Zylinders berechnet wird (Schritt S15). Sodann werden untere Frequenzkomponenten entfernt aus der Abweichung $d\omega[i]$ durch die Hochpaßfilter-Verarbeitung (Schritt S16). Durch das Verfahren der Schritte S15, S16 können die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsdaten mit Ausnahme der Fre-

quenzkomponenten von 0,5 Grad der Motordrehzahl, deren natürlichen Vielfachen und unterhalb von 0,5 Grad der Motordrehzahl erhalten werden.

Nachfolgend auf Schritt S16 in Fig. 12 wird beurteilt, ob oder nicht der Betriebsbereich sich in dem Magerverbrennungs-Betriebsbereich (Schritt S17) befindet. Wenn der Betriebsbereich sich in dem Magerverbrennungsbereich befindet, wird die A/F-Steuerung durchgeführt auf der Basis der Rauhigkeit (der Kurbelwinkelgeschwindigkeitsänderung) in Schritten S18 bis S21. Ein erster Einstellwert, welcher eine Rauhigkeitsgrenze bestimmt, wird nämlich bestimmt, und es wird entschieden, ob oder nicht die Rauhigkeit den ersten Einstellwert (Schritte S18, S19) übersteigt. Wenn die Rauhigkeit nicht größer ist als der erste Einstellwert, wird ein zweiter Einstellwert, der kleiner ist als der erste Einstellwert um einen bestimmten Wert, bestimmt, und es wird entschieden, ob oder nicht die Rauhigkeit kleiner ist als der zweite Einstellwert (Schritte S20 und S21). Der obige erste und zweite Einstellwert werden gespeichert in einer Karte in Verbindung mit dem Betriebszustand. Wenn die Rauhigkeit sich in einer Totzone zwischen dem ersten und zweiten Einstellwert befindet, wird der Kraftstoffeinspritz-Kompensationswert gemäß der Rauhigkeit gehalten (Schritt S22). Wenn dagegen die Rauhigkeit den ersten Einstellwert überschreitet, wird die Kraftstoff-Einspritzmenge (TI_1) kompensiert, um das Einlaßgasgemisch um einen vorbestimmten Wert (Kraftstoffeinspritzerhöhung) (Schritt S23) anzureichern. Wenn dagegen die Rauhigkeit kleiner ist als der zweite Einstellwert, wird die Kraftstoff-Einspritzmenge (TI_1) kompensiert, um das Einlaßgasgemisch um einen vorbestimmten Wert (Kraftstoffeinspritzverminderung) (Schritt S24) abzumagern.

Die ECU führt aus einer Subroutine, wie in Fig. 13 gezeigt, mit einem vorbestimmten Intervall, beispielsweise für jeden vorbestimmten Kurbelwinkel. In dieser Prozedur wird der Betriebszustand erfaßt (Schritt S31). Der Basis-Zündzeitpunkt wird bestimmt gemäß dem Soll- oder vorbestimmten A/F, das bestimmt wird auf der Basis des Motor-Betriebszustands (Schritt S32). Beispielsweise hat der Basis-Zündzeitpunkt TI_0 einen unterschiedlichen Wert zwischen dem Motorbetrieb mit dem theoretischen A/F und mit dem magereren Einlaßgasgemisch als das mit dem theoretischen A/F. Es wird entschieden, ob oder nicht die Rauhigkeitssteuerung durchgeführt wurde (Schritt S33). Der Zündzeitpunkt wird kompensiert entsprechend der A/F-Kompensation gemäß den Verfahren, wie sie in den Schritten S25 und S26 von Fig. 6 gezeigt sind, wenn die Rauhigkeitssteuerung vorgenommen wurde (Schritt S34). Sodann wird die Zündung ausgeführt (Schritt S35). Wenn in diesem Fall die Kraftstoffeinspritzmenge kompensiert wird, um das Einlaßgasgemisch anzureichern, wird der Zündzeitpunkt verzögert (Schritt S25). Wenn die Kraftstoffeinspritzung kompensiert wird, um das Einlaßgasgemisch abzumagern bzw. mager zu machen, wird der Zündzeitpunkt vorgezogen (Schritt S26).

Gemäß dem Steuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung wird in dem Magerverbrennungs-Betriebszustand nach der Aufwärmoperation die Kraftstoffeinspritzmenge berechnet für ein vorbestimmtes mageres Einlaßgasgemisch mit A/F nahe der stabilen Verbrennungsgrenze. In diesem Fall wird der gelernte Kompensationswert Cl_{np} durch die Lernsteuerung (Schritt S4 in Fig. 10) erhalten. Der volumetrische Kompensationskoeffizient C_{ve} wird ebenfalls eingeführt zur Kompensation, um die Kraftstoffeinspritzmenge für das magere

Einlaßgasgemisch des A/F (Soll-A/F) sauber zu berechnen.

Eine gewisse Situation könnte eintreten, daß die Verbrennung instabil ist als Ergebnis der Tatsache, daß der Motorbetrieb sich jenseits der stabilen Verbrennungsgrenze befindet, auch wenn der Motor mit einem vorbestimmten mageren Einlaßgasgemisch des A/F arbeitet. In dieser Situation werden erfahrungsgemäß die Kraftstoffeinspritzmenge (Schritt S23 und S24) und der Zündzeitpunkt (Schritt S25 und S26) entsprechend der Rauigkeit der Verbrennungsstabilität kompensiert.

Wenn nämlich, wie in Fig. 12 gezeigt, die Rauigkeit größer ist als der erste Einstellwert, wird die Kraftstoffeinspritzmenge kompensiert, um das Einlaßgasgemisch fett zu machen bzw. anzureichern, um die Verbrennungsstabilität zu verbessern, bis die Rauigkeit auf einen Wert kleiner als der erste Einstellwert vermindert ist. Gleichzeitig wird der Zündzeitpunkt verzögert gemäß der Kompensation der Kraftstoffeinspritzmenge. Wenn dagegen die Rauigkeit kleiner ist als der zweite Einstellwert, wird die Kraftstoffeinspritzmenge kompensiert, um das Einlaßgasgemisch mager zu machen, bis die Rauigkeit reduziert ist auf einen Wert größer als der zweite Einstellwert bzw. stärker reduziert ist als der zweite Einstellwert. Gleichzeitig wird der Zündzeitpunkt so kompensiert, daß er vorverlegt wird.

Durch die obige Steuerung der Kraftstoffeinspritzung wird A/F so gesteuert bzw. geregelt, daß die Rauigkeit effektiv gesteuert bzw. geregelt ist in dem vorbestimmten Zulässigkeitsbereich zwischen dem ersten und zweiten Einstellwert. Die Steuerung geschieht auf jedem der Zylinder, so daß A/F so gesteuert bzw. geregelt ist, daß es einen möglichst großen Wert hat, oder das Einlaßgasgemisch ist so gesteuert bzw. geregelt, daß es so mager wie möglich ist, vorausgesetzt, daß der Verbrennungszustand des Motors nicht unzulässig verschlechtert ist. Im Ergebnis kann der Kraftstoffverbrauch-Wirkungsgrad verbessert werden und No_x vermindert werden durch die magerere Steuerung des Einlaßgasgemisches durch die A/F-Steuerung. Somit ist die Emissionseigenschaft des Motors verbessert. Wenn in diesem Fall A/F verändert ist aufgrund der Kompensation der Kraftstoffeinspritzung in Reaktion auf die Rauigkeitssteuerung, wird der Zündzeitpunkt in optimierender Weise kompensiert. Im Ergebnis ist das Emissionsverhalten in dieser Hinsicht verbessert.

Wie in Fig. 15 gezeigt, besteht eine Beziehung zwischen A/F, Rauigkeit und No_x-Emission. Der optimierte Zündzeitpunkt wird verzögert, wenn A/F wächst oder das Einlaßgasgemisch magerer ist. Während des Magerverbrennungsbetriebs wird die Basis-Kraftstoffeinspritzmenge (Kraftstoffeinspritzung berechnet in Schritt S7 in Fig. 10) bestimmt, um ein magereres A/F α_0 zu erreichen (welches eine magerere Einlaßgasmischiung liefert), und der Basis-Zündzeitpunkt wird eingestellt auf den optimierten Zündzeitpunkt in dem mageren A/F α_0 . Wenn jedoch A/F zur fetten Seite hin verändert wird, um das Einlaßgas fett zu machen (α_1 -Seite) aufgrund der Rauigkeitssteuerung, würde dies dazu führen, daß der Zündzeitpunkt vorgezogen ist, wie in Fig. 15 gezeigt, angezeigt durch eine Linie mit kleinen Kreisen, verglichen mit der optimierten Zeit an dem veränderten A/F.

Im Ergebnis wächst die No_x-Emission. Wenn dagegen A/F zur magereren Seite (α_2) hin verändert wird, würde dies dazu führen, daß der Zündzeitpunkt verzögert wird, wie angezeigt durch eine Linie mit Dreiecken, verglichen mit dem optimierten Zeitpunkt, um die Verbren-

nungsstabilität zu verschlechtern.

Somit wird gemäß der vorliegenden Erfindung der Zündzeitpunkt gleichzeitig kompensiert mit der Kompensation von A/F zur weitestmöglichen Verminderung von No_x und zur Verbesserung der Verbrennungsstabilität. Dies bedeutet, daß die stabile Verbrennungsgrenze auf der Basis der A/F-Steuerung verstärkt ist durch die Steuerung der vorliegenden Erfindung. Somit kann die Kombination der Zündzeitpunktsteuerung mit der Steuerung zur Kompensation der Kraftstoffeinspritzung gemäß der Rauigkeit synergistisch zusammenwirken, um das magerere A/F, den Kraftstoffverbrauch-Wirkungsgrad und die Emissionseigenschaften zu verbessern.

Die vorliegende Erfindung ist nicht beschränkt auf die obige Ausführungsform, sondern es können viele Modifikationen und Variationen vorgenommen werden.

Beispielsweise kann das Kurbelwinkel-Geschwindigkeitserfassungselement 41 ein Sensor sein zum Erfassen eines Zyklus bzw. Taktes und dergleichen, soweit sie äquivalent sind zu der Kurbelwinkelgeschwindigkeit.

In der zuvor genannten Ausführungsform sind Frequenzkomponenten mit 0,5 Grad der Motordrehung, diejenigen mit Graden von natürlichen Vielfachen der Motordrehung, und diejenigen mit Graden unterhalb von 0,5 Grad der Motordrehung, in allen Operationszuständen ausgeschlossen. Sie können jedoch ausgeschlossen sein lediglich in dem Bereich hoher Motordrehzahl, da der Einfluß der explosiven Verbrennung, der eine Kurbelwinkelvibration zur Folge hat, in dem Bereich hoher Motordrehzahl erhöht ist.

In der obigen Ausführungsform, wie in Fig. 10 und 13 gezeigt, wird der gelernte Wert, erhalten durch die Lernsteuerung in dem halb-aufgewärmten Zustand, verwendet für die Kraftstoffsteuerung in den verschiedenen Betriebsgebieten. Der gelernte Wert neigt jedoch dazu, in einem Zustand einer geringen Einlaßgasmenge in der Nähe des Leerlauf-Arbeitsgebietes verändert zu sein, so daß es bevorzugt ist, daß der gelernte Wert nicht verwendet wird für ein anderes Arbeitsgebiet, und zwar im Falle eines geringen Einlaßgasmengengebiets, wie durch eine gebrochene Linie in Fig. 4 gezeigt.

Patentansprüche

1. Motorverbrennungszustand-Beurteilungsverfahren zum Erfassen einer Kurbelwinkelgeschwindigkeit eines Mehrzylindermotors, um einen Verbrennungszustand jedes Zylinders des Motors auf der Basis der Erfassung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit zu beurteilen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Einstellen eines vorbestimmten Kurbelwinkelbereichs, der selektiv bestimmt ist innerhalb eines Bereichs zwischen einem Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in einem gegebenen Zylinder im wesentlichen endet, und einem weiteren Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in dem gegenüber dem gegebenen Zylinder nächsten Zylinder im wesentlichen beginnt, und zwar in einem Motorzyklus zum Erfassen einer Motorwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft, und Beurteilen des Verbrennungszustands auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft innerhalb des vorbestimmten Kurbelwinkelbereichs.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der vorbestimmte Kurbelwinkelbereich zum Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft be-

stimmt wird in einer zweiten Hälfte eines Ausdehnungshubs des Motorzyklus.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der vorbestimmte Kurbelwinkelbereich bestimmt ist innerhalb eines Bereichs von 100° Kurbelwinkel bis 200° Kurbelwinkel nach einem oberen Totpunkt der zweiten Hälfte des Ausdehnungshubs.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der vorbestimmte Kurbelwinkelbereich auf nicht kleiner als 60° Kurbelwinkel eingestellt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Kurbelwinkelgeschwindigkeit oder ein Äquivalent davon gemessen wird zum Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft, und wobei Frequenzkomponenten entsprechend einem explosiven Rotationsgrad des Motors ausgeschlossen werden beim Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Motor versehen ist mit mehreren Zylindern, wobei der Verbrennungszustand von jedem beurteilt wird, wobei eine Kurbelwinkelgeschwindigkeit oder ein Äquivalent davon gemessen wird zum Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft, und wobei Frequenzkomponenten entsprechend einem explosiven Rotationsgrad des Motors beim Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft ausgeschlossen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Frequenzkomponenten entsprechend dem explosiven Rotationsgrad des Motors entfernt werden (können) durch Erhalt einer Differenz in den erfaßten Daten der Kurbelwinkelgeschwindigkeit zwischen dem gegenwärtigen Zyklus und dem vorangehenden Zyklus zum Erhalt eines Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderungsprofil.

8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Frequenzkomponenten entsprechend dem explosiven Rotationsgrad des Motors nur in dem hohen Drehzahlbereich des Motors entfernt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 6, wobei eine Kurbelwinkelgeschwindigkeit oder ein Äquivalent davon gemessen wird zum Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft, und wobei Frequenzkomponenten mit Graden unterhalb von $0,5^\circ$ der Motordrehung ausgeschlossen werden beim Erfassen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft.

10. Motorsteuerverfahren, aufweisend:
Erfassen einer Kurbelwinkelgeschwindigkeit eines Mehrzylindermotors, zum Beurteilen eines Verbrennungszustandes jedes der Zylinder des Motors auf der Basis der Erfassung der Kurbelwinkelgeschwindigkeit, und Einstellen eines vorbestimmten Kurbelwinkelbereichs, der selektiv bestimmt ist innerhalb eines Bereichs zwischen einem Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in einem gegebenen Zylinder im wesentlichen endet, und einem weiteren Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in dem nächsten Zylinder im wesentlichen beginnt, zum Erfassen einer Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft, und Beurteilen des Verbrennungszustands auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft innerhalb des vorbestimmten Kurbelwinkelbereichs, und

Steuern eines Luftkraftstoffverhältnisses auf der Basis der Beurteilung des Verbrennungszustandes in einem Magerverbrennungsbetrieb, in dem das

Luftkraftstoffverhältnis auf einen Wert gesteuert bzw. geregelt ist, der größer ist als der theoretische Wert in einem vorbestimmten Betriebsbereich des Motors.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei eine Luftkraftstoffverhältnis-Steuerverstärkung gesteuert wird auf der Basis des Verbrennungszustands.

12. Motorsteuersystem, aufweisend:
eine Kurbelwinkelgeschwindigkeits-Erfassungseinrichtung (41) zum Erfassen einer Kurbelwinkelgeschwindigkeit oder eines Äquivalents davon eines Motors in einem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich, der selektiv bestimmt ist innerhalb eines Bereichs zwischen einem Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in einem gegebenen Zylinder im wesentlichen endet, und einem weiteren Kurbelwinkel, bei dem eine Verbrennung in dem nächsten Zylinder im wesentlichen beginnt, um eine Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft zu erfassen, eine Verbrennungszustand-Beurteilungseinrichtung (44) zum Beurteilen des Verbrennungszustands auf der Basis der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft in dem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich, und

eine Luftkraftstoffverhältnis-Steuereinrichtung (45) zum Steuern bzw. Regeln eines Luftkraftstoffverhältnisses des Motors gemäß der Beurteilung der Verbrennungszustand-Beurteilungseinrichtung (44).

13. Motorsteuersystem nach Anspruch 12, ferner aufweisend eine Erfassungsdaten-Verarbeitungseinrichtung (43) zum Ausschließen von Frequenzkomponenten entsprechend einem explosiven Rotationsgrad des Motors und denjenigen mit Graden unterhalb von $0,5$ Grad der Motorrotation.

14. Motorsteuersystem nach Anspruch 12, wobei die Luftkraftstoffverhältnis-Steuereinrichtung (45) eine Luftkraftstoff-Steuerverstärkung-Einstelleinrichtung (46) aufweist zum Einstellen einer Soll-Luftkraftstoff-Steuerverstärkung, die ein größeres Luftkraftstoffverhältnis liefert als ein theoretisches Luftkraftstoffverhältnis in einem vorbestimmten Magerverbrennungsbereich, und eine Luftkraftstoffverhältnis-Steuerverstärkung-Kompensationseinrichtung (47) zum Kompensieren der Luftkraftstoff-Steuerverstärkung auf der Basis der Beurteilung der Verbrennungszustand-Beurteilungseinrichtung.

15. Motorsteuersystem nach Anspruch 12, wobei die Verbrennungszustand-Beurteilungseinrichtung (44) den Verbrennungszustand in dem Zylinder beurteilt durch Vergleichen der Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsänderungseigenschaft mit einem ersten Einstellwert und einem zweiten Einstellwert, der kleiner ist als der erste Einstellwert, wobei die Luftkraftstoffverhältnis-Kompensationseinrichtung (47) die Luftkraftstoffverhältnis-Steuerverstärkung kompensiert, um ein Einlaßgasgemisch anzureichern, wenn die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsschwankung größer ist als der erste Einstellwert, und das Einlaßgasgemisch abzumagern, wenn die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitsschwankung kleiner ist als der zweite Einstellwert.

16. Motorsteuersystem nach Anspruch 12, wobei die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitserfassungseinrichtung (41) die Kurbelwinkel-Geschwindigkeitseigenschaft oder ein Äquivalent davon des Motors erfaßt in dem vorbestimmten Kurbelwinkelbereich,

der selektiv bestimmt ist innerhalb des Kurbelwinkelbereichs zwischen 100° Kurbelwinkel und 200° Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt in dem Ausdehnungshub.

5

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

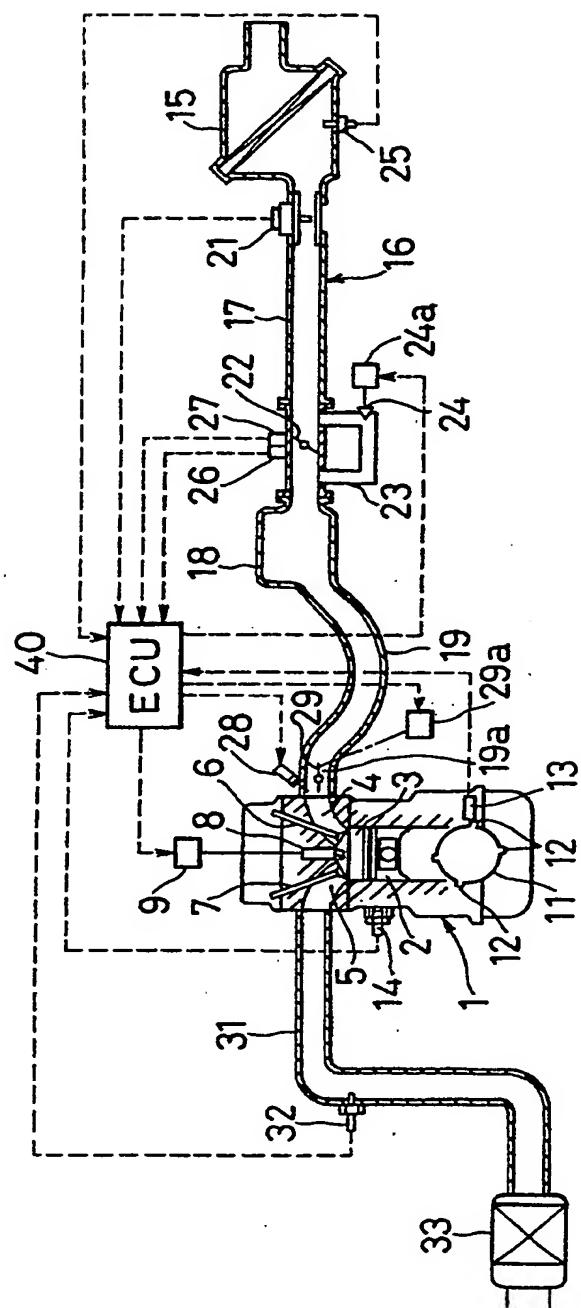


FIG. 2

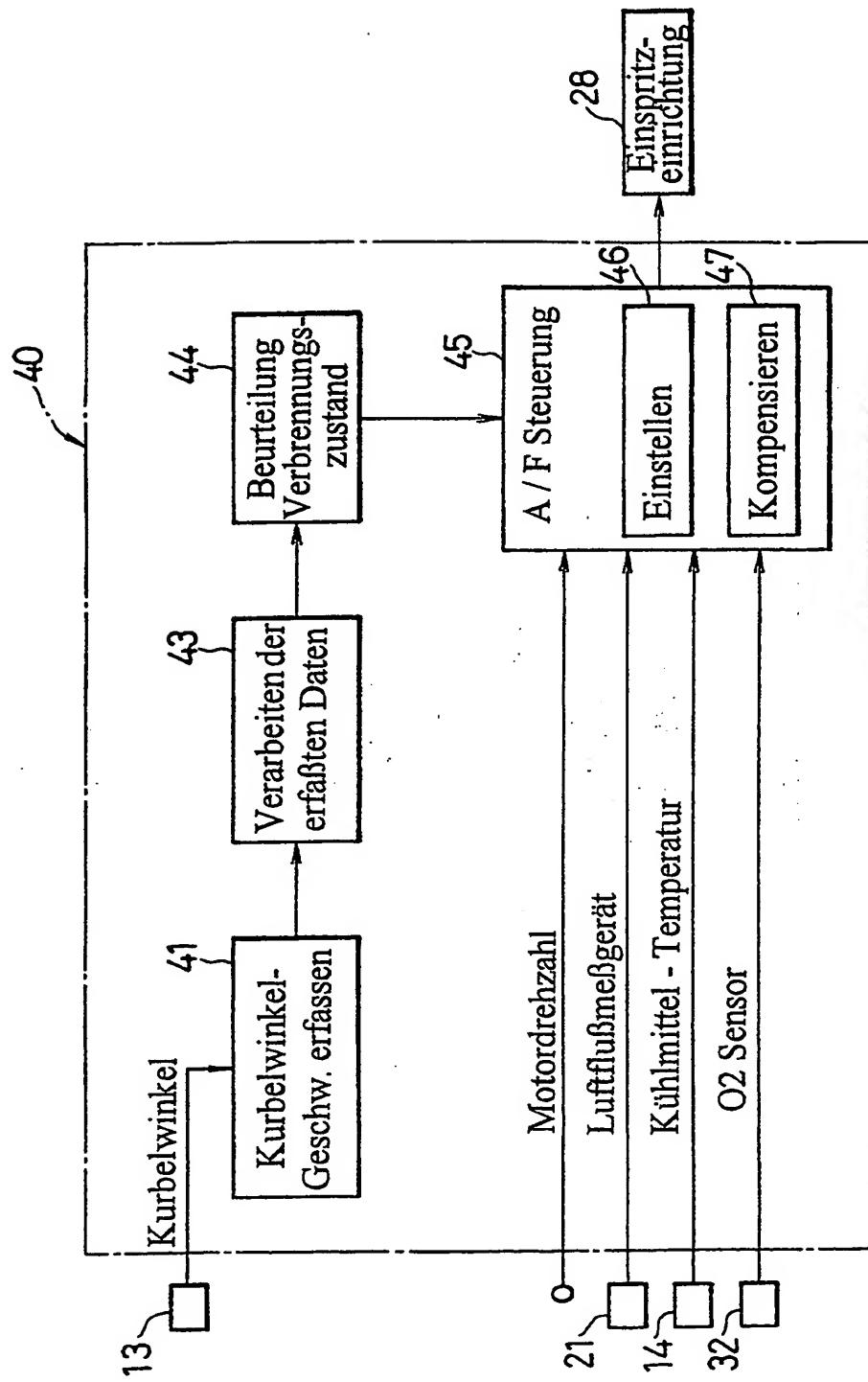


FIG. 3

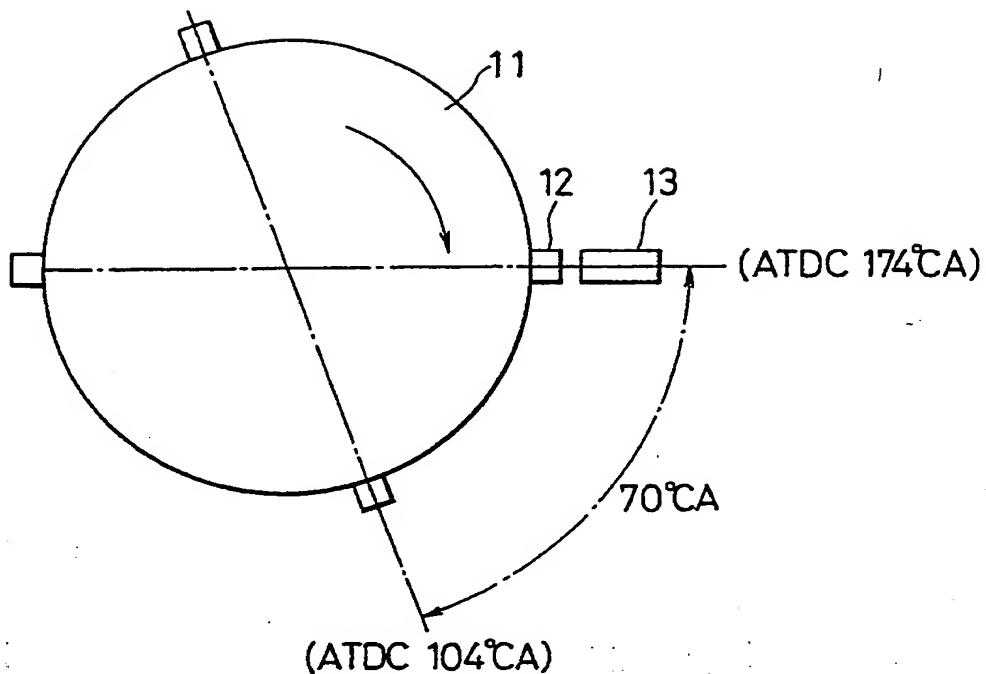


FIG. 4

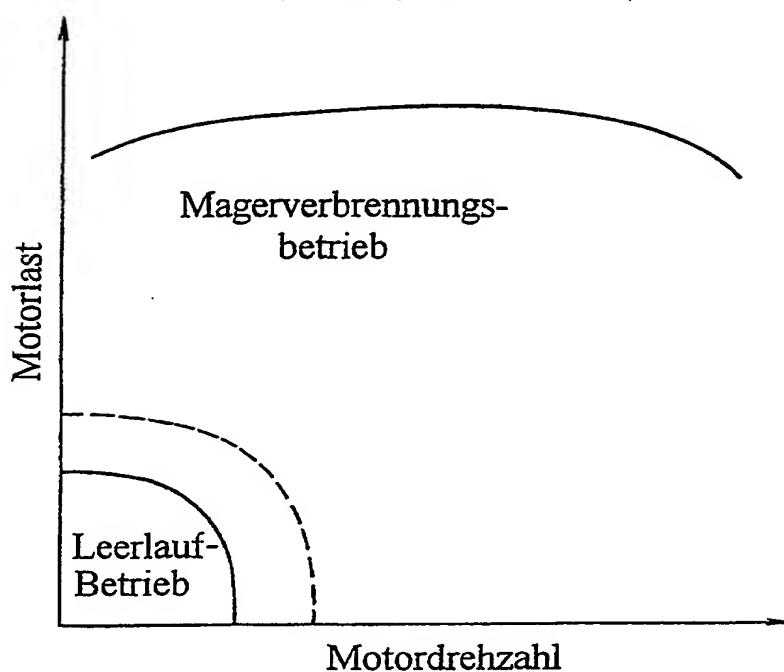


FIG. 5

No.1 Cyl	Ansaugen	Komprimieren	Ausdehnen	Ausstoßen
No.2 Cyl	Komprimieren	Ausdehnen	Ausstoßen	Ansaugen
No.3 Cyl	Ausstoßen	Ansaugen	Komprimieren	Ausdehnen
No.4 Cyl	Ausdehnen	Ausstoßen	Ansaugen	Komprimieren

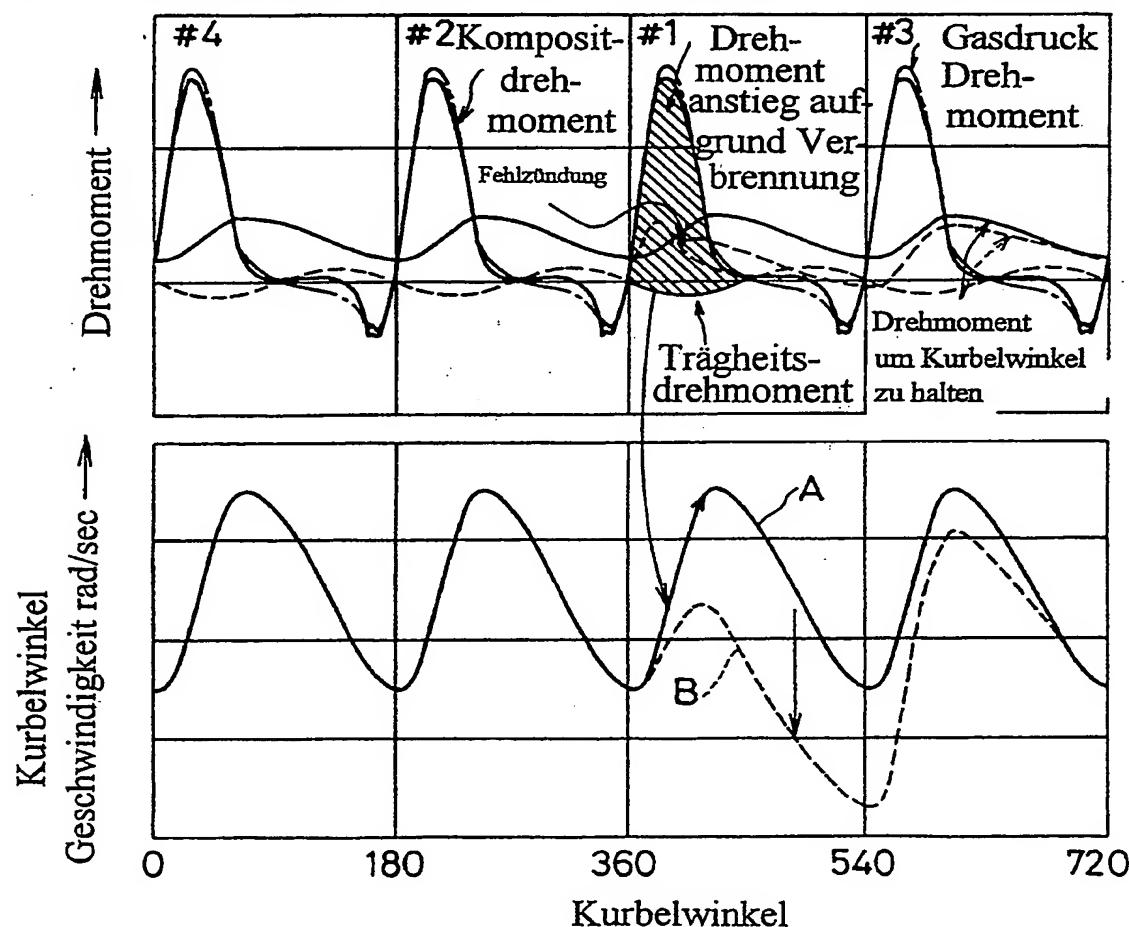


FIG. 6

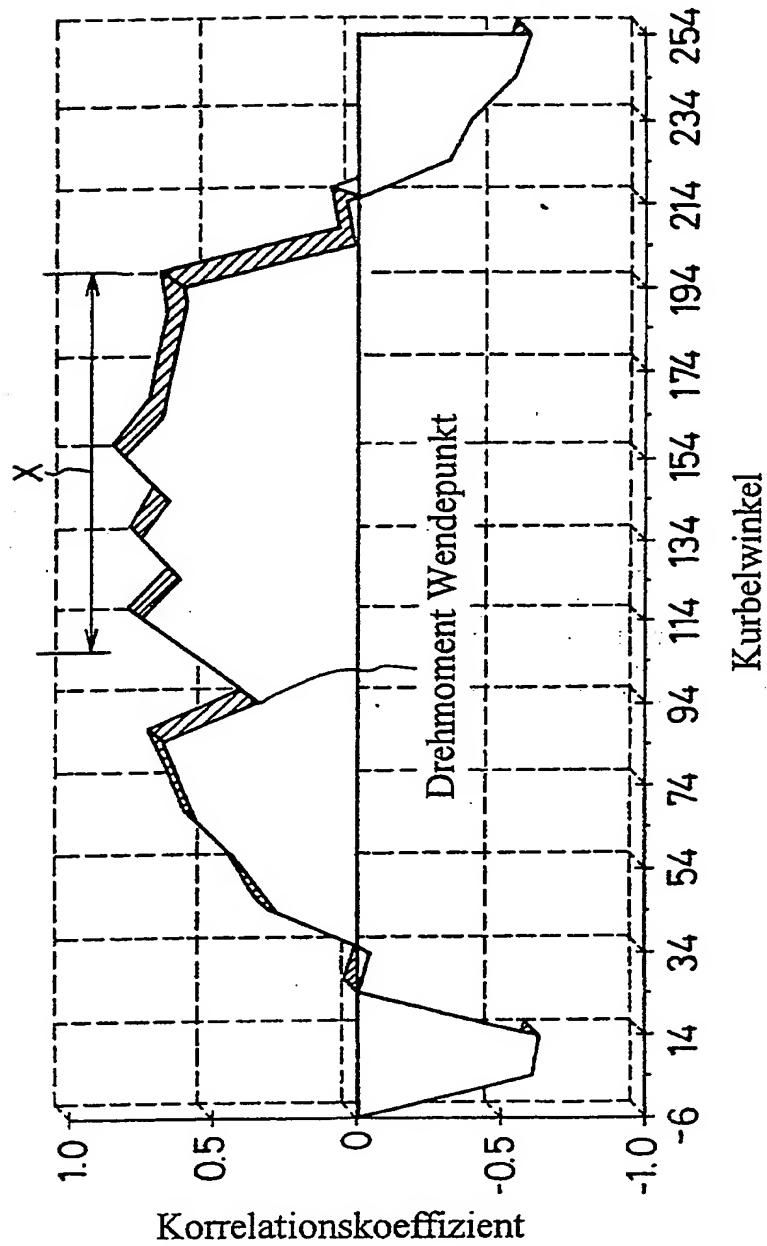


FIG. 7

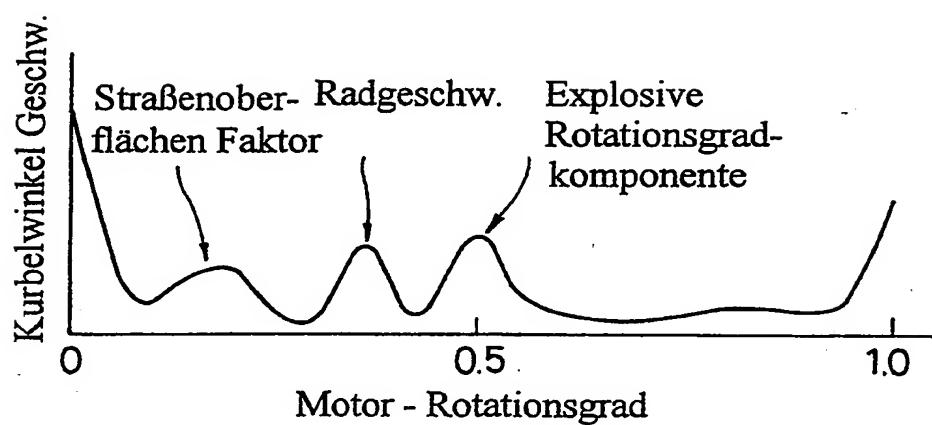


FIG. 8

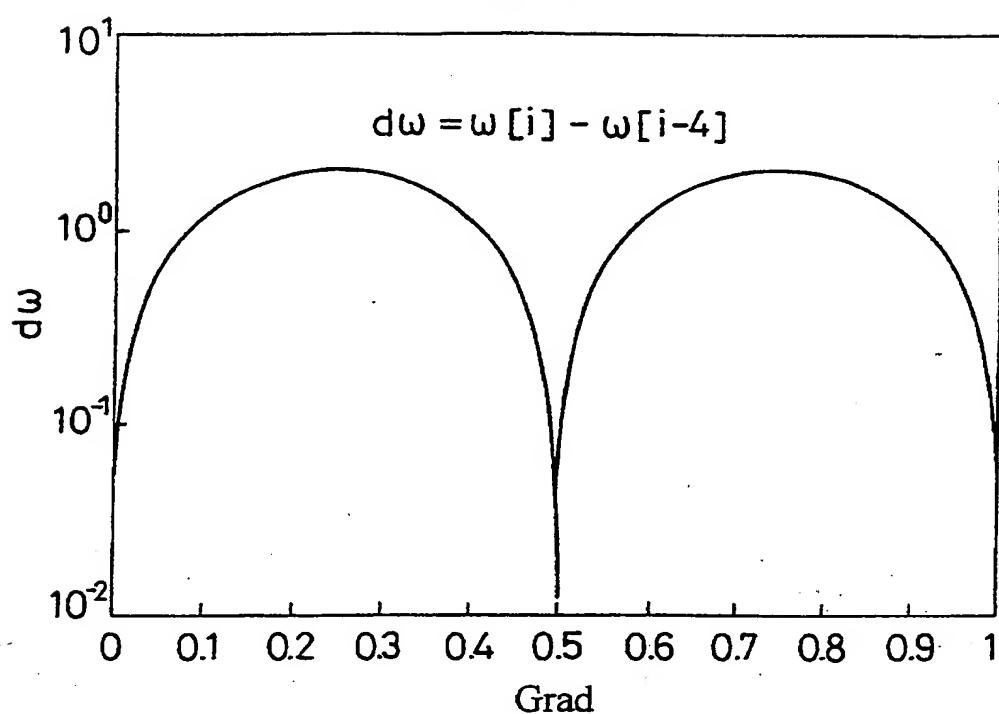


FIG. 9

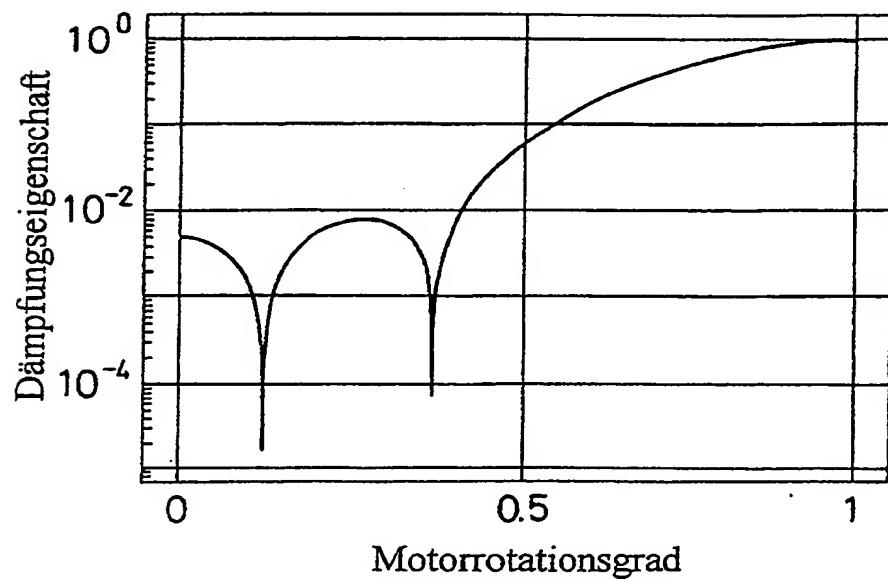


FIG. 10

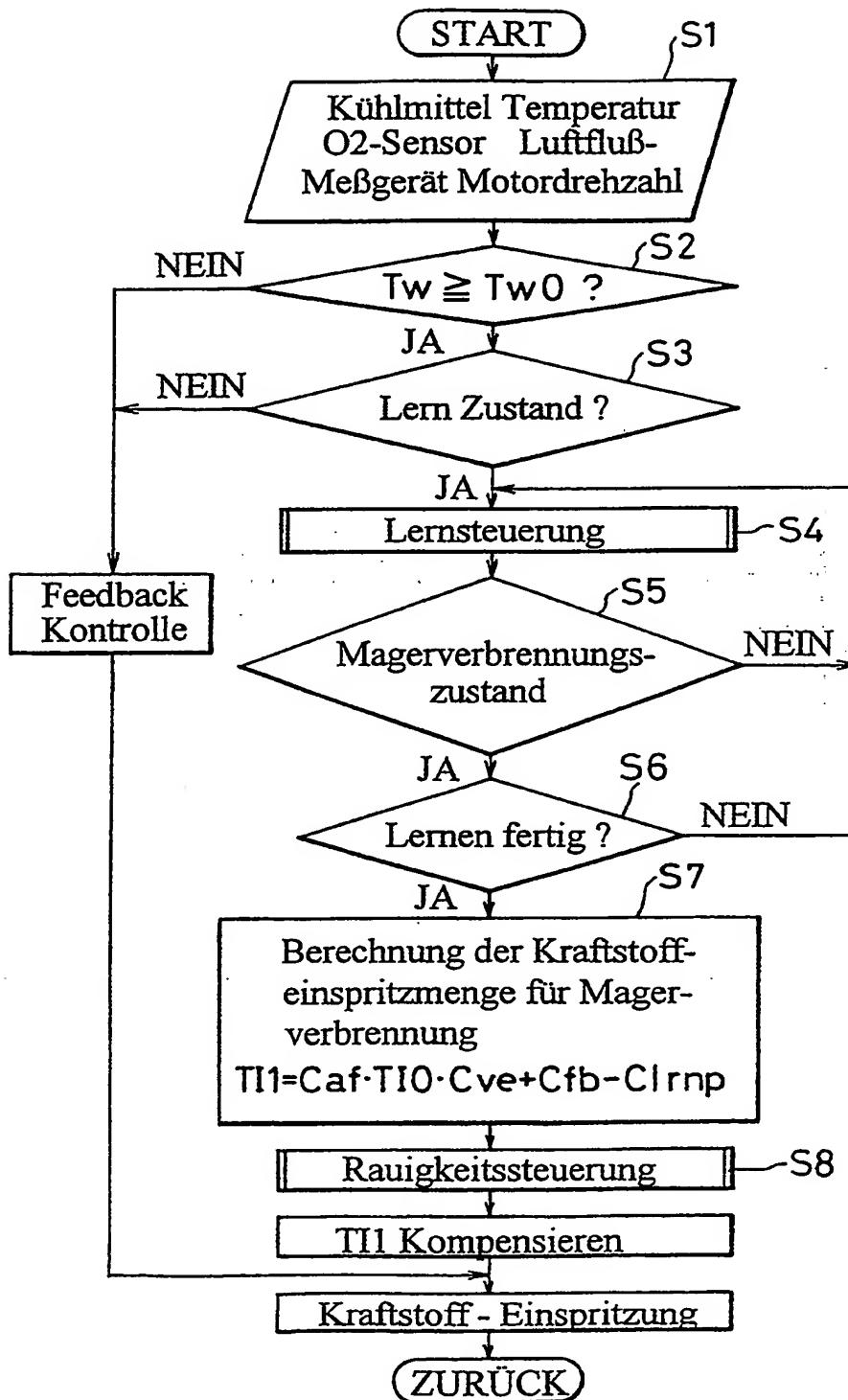


FIG. 11

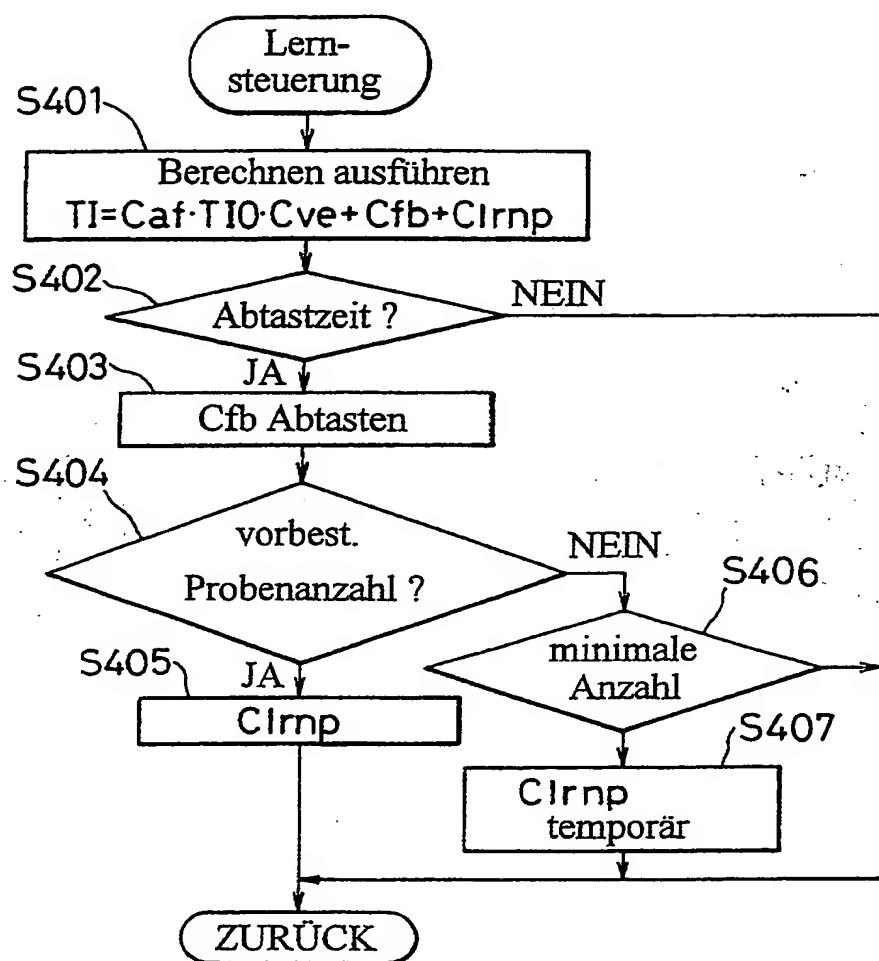


FIG. 12

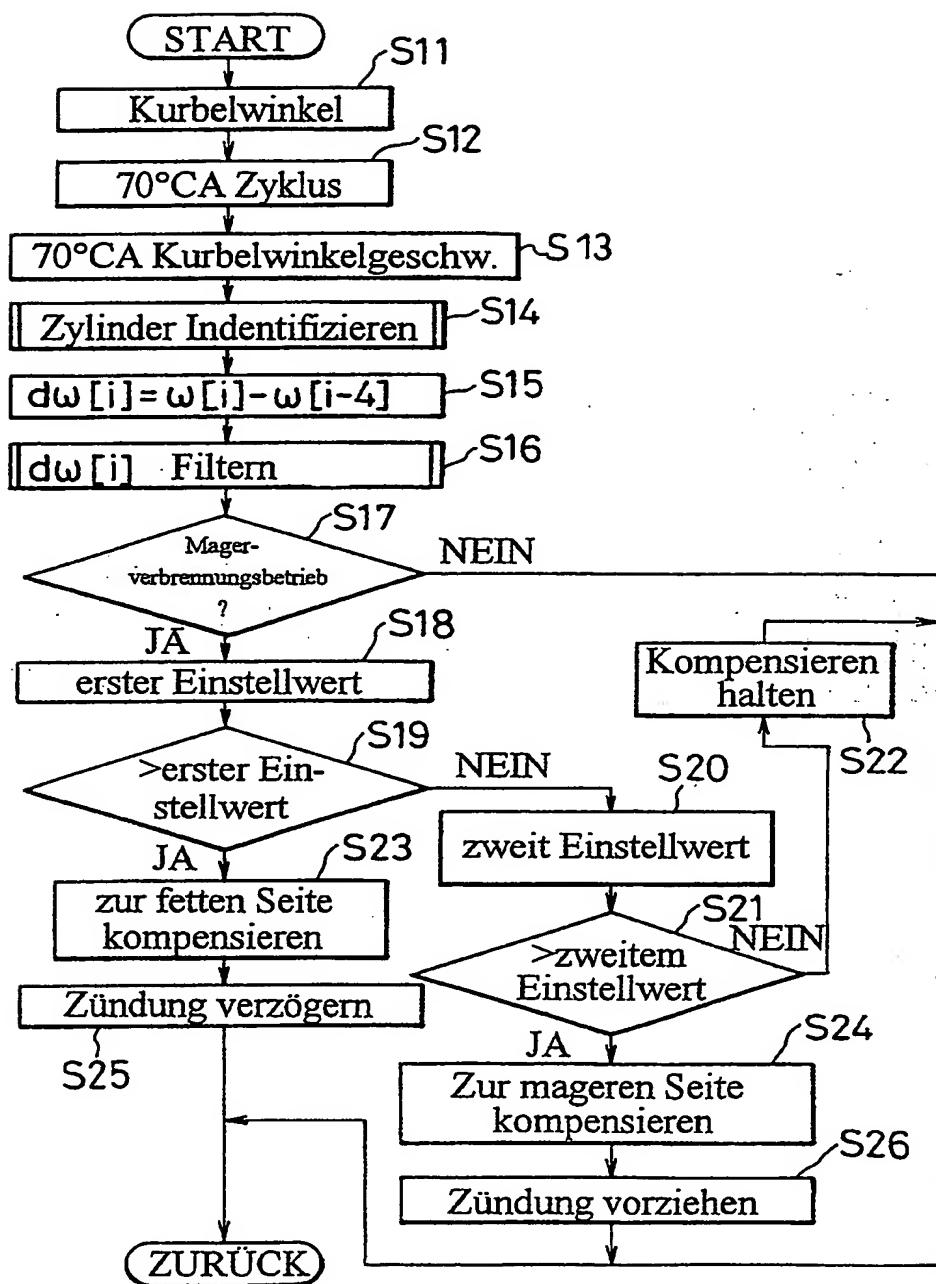


FIG. 13

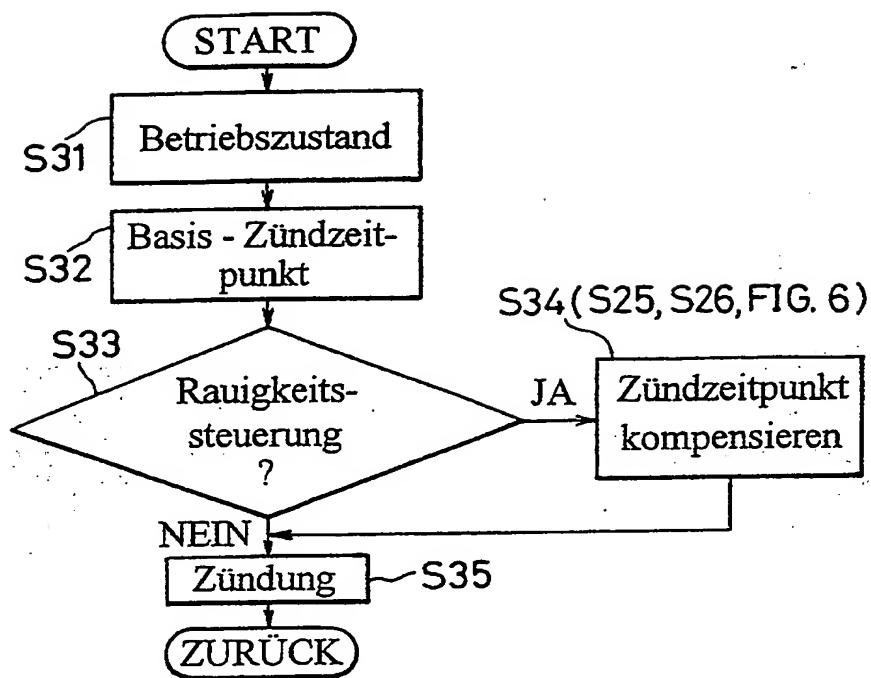


FIG. 14

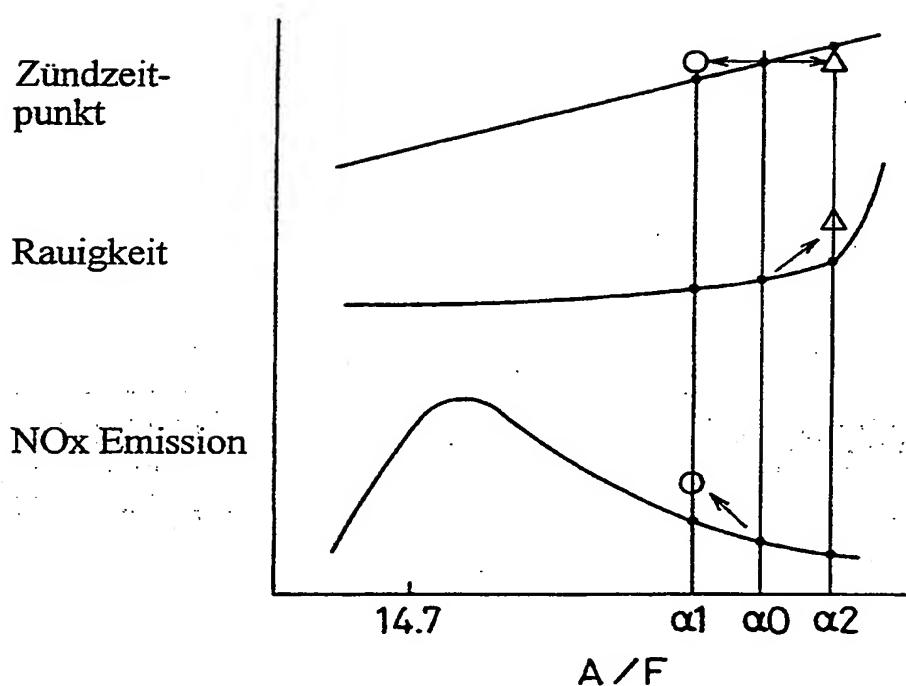


FIG. 15

